



TUGAS AKHIR - RC14-1501

## **EVALUASI SISTEM DRAINASE KENJERAN KOTA SURABAYA**

**ARMITA TRI RAHAYU**  
NRP. 3114 106 048

Dosen Pembimbing 1 :  
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc.

Dosen Pembimbing 2 :  
Ir. Bahmid Tohary, M.eng

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
Program Studi Lintas Jalur  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - RC14-1501**

## **EVALUASI SISTEM DRAINASE KENJERAN KOTA SURABAYA**

**ARMITA TRI RAHAYU**  
**NRP. 3114 106 048**

**Dosen Pembimbing 1 :**  
**Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc.**

**Dosen Pembimbing 2 :**  
**Ir. Bahmid Tohary, M.eng**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**Program Studi Lintas Jalur**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - RC14-1501

## **EVALUATION OF SYSTEM DRAINAGE KENJERAN SURABAYA CITY**

ARMITA TRI RAHAYU  
NRP. 3114 106 048

Consulation Lecturer 1 :  
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc

Consulation Lecturer 2 :  
Ir. Bahmid Tohari, M.Eng

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Program Studi Lintas Jalur  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

# LEMBAR PENGESAHAN

## EVALUASI SISTEM DRAINASE KENJERAN KOTA SURABAYA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ARMITA TRI RAHAYU**

Nrp. 3114 106 048

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr.Ir. Nadjadji Anwar, MSc (.....)
2. Ir. Bahmid Tohary, M.Eng (.....)

SURABAYA, MEI 2017

## EVALUASI SISTEM DRAINASE KENJERAN KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : ARMITA TRI RAHAYU  
NRP : 3114.060.048  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar,  
M.Sc  
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Bahmid Tohary, M.Eng

### Abstrak

*Di Sub DAS Kenjeran Surabaya memiliki suatu permasalahan yakni terkait dengan masih adanya genangan yang masih sering ditemui tidak terkecuali pada saluran sekunder yang mengalir pada Sub DAS Kenjeran itu sendiri disertai pasang surut air laut. Hal ini akan menyebabkan bertambah lamanya genangan air hujan di daerah tersebut dan akan memberikan dampak buruk bagi kawasan sekitar jika genangan tersebut tidak dikendalikan dengan baik. Selain itu, tinggi genangan pada Sub DAS Kenjeran bisa mencapai 10-30cm dengan lama genangan  $\pm$  2 jam.*

*Metode yang digunakan dalam studi ini terdiri dari perhitungan nilai curah hujan maksimum, dilanjutkan dengan perhitungan tata guna lahan, perhitungan intensitas hujan, perhitungan debit banjir, dan perhitungan kapasitas saluran eksisting saat ini. Dengan membandingkan debit banjir dan kapasitas saluran drainase dapat diketahui daerah mana saja yang mengalami genangan dari saluran. Dari perhitungan menggunakan metode Log Person Tipe III didapatkan nilai curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun sebesar 87.51 mm, 5 tahun sebesar 107.99 mm dan 10 tahun sebesar 126.52 mm. Untuk uji kecocokan distribusi hujan menggunakan metode*

*Smirnov Kolmogorov dan chi kuadrat dimana dari uji kecocokan dimaksudkan untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Selanjutnya didapat untuk menghitung debit banjir rencana yaitu Metode Rasional yang dipakai apabila data aliran sungai tidak mencakupi sehingga digunakan data curah hujan. Selain itu dibangun sistim pompa pada Sub DAS Kenjeran-Larangan yang perlu untuk menghitung sistem operasional pompa secara sederhana.*

*Agar masalah banjir dapat tertangani dengan baik maka diperlukan adanya evaluasi sistem drainase dan sistem operasional pompa sehingga diharapkan dapat mengurangi dampak tingginya genangan saat terjadi hujan lebat.*

***Kata kunci : Sistem drainase, Sub DAS Kenjeran, genangan.***

## **EVALUATION OF DRAINAGE SYSTEM KENJERAN SURABAYA CITY**

**Name of Student** : ARMITA TRI RAHAYU  
**NRP** : 3114.060.048  
**Faculty / Department** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Lecture Guide 1** : Prof. Dr. Ir. Nadjadji  
Anwar, Msc,  
**Lecture Guide 2** : Ir. Bahmid Tohary, M.Eng

### **Abstract**

*In subzone Kenjeran Surabaya has a problem that is associated with the persistence of the puddle is still frequently encountered no exception to the secondary channel that flows in the subzone Kenjeran itself with the tide. This will lead to increased rainwater runoff in the area and would negatively impact the surrounding area if the runoff is not controlled properly. In addition, the water level in the subzone Kenjeran can reach 10-30cm long with a pool of  $\pm 2$  hours.*

*The method used in this study consisted of calculating the value of maximum precipitation, followed by the calculation of land use, the calculation of the intensity of rainfall, flood discharge calculation, and calculation of the current capacity of existing channels. By comparing the flood discharge capacity and drainage channels can know which areas are experiencing inundation of the channel. Log method of calculation using values obtained Person Type III rainfall plan for the period amounted to 87.51 mm 2-year, 5-year and 10-year 107.99 mm by 126.52 mm. To test the suitability of rain distribution using the Kolmogorov-Smirnov and chi square where the suitability of the test is intended to determine whether the probability distribution equation have been able to*

*represent the statistical distribution of the samples analyzed data. Then obtained to calculate the flood discharge plan that Rational Method which is used when the river flow data does not cover that use the rainfall data. In addition built on sub watershed Kenjeran-Larangan pump-ban is necessary to calculate the operational systems using a simple pump.*

*In order for the flooding problem can be handled properly it is necessary to evaluate the drainage system and evaluation capacity of the pump so it can reduce the impact of the current pool of heavy rains.*

*Keywords: The drainage system, Kenjeran subzone, puddle*



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah senantiasa saya haturkan kehadiran Allah SWT. atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada kita, serta salawat dan salam mudah-mudahan selalu tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga saya dapat menyelesaikan dan menyusun Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir dengan judul “**EVALUASI SISTEM DRAINASE KENJERAN KOTA SURABAYA**” ini disusun guna melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan pada Program Studi Lintas Jalur Strata I Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada saya. Untuk itu saya sampaikan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, Saudara-saudara saya tercinta, sebagai penyemangat terbesar diri saya, yang telah banyak memberi dukungan materi maupun moril berupa doa.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Ir. Bahmid Tohary, M.Eng selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak memberikan masukan, kritik dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Yusronia Eka Putri, ST. MT selaku dosen wali saya.
4. Teman-teman mahasiswa Lintas Jalur semester Genap Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah membantu saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Semoga apa yang saya sajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak, Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Lokasi Studi .....	3

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi.....	7
2.1.1 Curah Hujan Rata-Rata Harian Daerah Aliran Sungai ( DAS ) .....	7
2.1.2 .Analisa Distribusi Frekuensi Hujan.....	9
2.1.2.1 Metode Distribusi Frekuensi Normal .....	13
2.1.2.2 Metode Distribusi Frekuensi Gumbel.....	14
2.1.2.3 Metode Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III.....	17
2.1.3 Sistem Drainase Kenjeran .....	21
2.1.4 Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi Hujan.....	21
2.1.4.1 Uji Chi Kuadrat.....	21
2.1.4.2 Uji Smirnov Kolmogorov .....	24
2.1.5 .Debit Banjir Rencana.....	25
2.1.5.1 Koefisien Pengaliran (C) .....	26

2.1.5.2 Intensitas Curah Hujan .....	24
2.2 Analisa Hidrolika .....	30
2.2.1 Evaluasi Saluran Sistem Drainase Kenjeran..	31
2.2.2 Operasional Pompa dan Pintu Pembuang ke Laut .....	34

### **BAB III METODOLOGI**

3.1. Langkah Penyusunan .....	39
3.1.1 Persiapan .....	39
3.1.2 Studi Literatur .....	39
3.1.3 Pengumpulan Data .....	39
3.1.4 Analisa Data .....	40
3.1.5 Kesimpulan .....	41
3.2 Diagram Alir Metodologi ( <i>Flow Chart</i> ) .....	42

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisa Hidrologi .....	43
4.2 Analisa Curah Hujan Rata-Rata Kawasan / DAS ...	43
4.3 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Data Hujan	45
4.4 Uji Distribusi Frekuensi .....	50
4.5 Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi .....	52
4.5.1 Uji Chi Kuadrat.....	52
4.5.2 Uji Chi <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....	59
4.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	59
4.6.1 Perhitungan Analisa Konsentrasi Hujan.....	60
4.6.2 Perhitungan Intensitas Hujan .....	67
4.7 Perhitungan Analisa Hidrolika.....	71
4.8 Operasional Pompa Dan Pintu Pembuang Serta Saluran Tampung .....	75
4.8.1 Operasional Pompa Dan Pintu Pembuang Kondisi Air Surut Dengan $Q_{10\text{th}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ (Q Saluran Kenjeran-Larangan), Dan Elevasi	

2.1.4.2 Hilir Pintu = + 0.00.....	75
4.8.2 Operasional Pompa Dan Pintu Bila Yang Datang Q <sub>10</sub> th = 17.19 m <sup>3</sup> /det, Dan Elevasi Belakang Pintu = + 1.30 (Pasang Maksimum) .....	77
4.8.3 Operasional Pompa Dan Pintu Bila Yang Datang Q <sub>10</sub> th = 17.19 m <sup>3</sup> /det, Dan Elevasi Belakang Pintu = + 0.50 (Pasang Rata-Rata).....	78

## **BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

5.1 Kesimpulan .....	85
5.2 Rekomendasi .....	86

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

*“ halaman ini sengaja dikosongkan “*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Studi.....	5
Gambar 1.2	Skema Jaringan .....	6
Gambar 2.1	Poligon <i>Thiessen</i> .....	9
Gambar 2.2	Dimensi Saluran Segi Empat.....	34
Gambar 2.3	Dimensi Saluran Trapesium .....	34
Gambar 2.4	Denah <i>Long Storage</i> , pompa dan pintu air.....	35
Gambar 2.5	Potongan memanjang I-I <i>Long Storage</i> , pompa dan pintu air.....	36
Gambar 2.6	Potongan melintang a-a <i>Long Storage</i> .....	36
Gambar 2.7	Potongan melintang b-b <i>Long Storage</i> .....	36
Gambar 2.8	Bukaan pintu pada saat surut (+0.00).....	38
Gambar 2.9	Pintu ditutup (pasang +1.30) .....	38
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi ( <i>Flow Chart</i> ) .....	42
Gambar 4.1	Letak Stasiun Hujan .....	45

*“ halaman ini sengaja dikosongkan “*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Distribusi Frekuensi .....	12
Tabel 2.2	Nilai $Y_n$ Distribusi Gumbel .....	15
Tabel 2.3	Nilai $S_n$ Distribusi Gumbel.....	16
Tabel 2.4	Nilai $Y_{tr}$ Distribusi Gumbel.....	17
Tabel 2.5	Nilai $k$ Distribusi Log Pearson Type III.....	19
Tabel 2.6	Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat.....	23
Tabel 2.7	Nilai delta kritis ( $\Delta_0$ ) untuk keselarasan Smirnov Kolmogorov .....	25
Tabel 2.8	Nilai Koefisien Pengaliran ( $C$ ).....	27
Tabel 2.9	Harga Koefisien Kekasaran $n$ .....	32
Tabel 4.1	Pertimbangan Cara yang Dapat Digunakan .....	43
Tabel 4.2	Curah Hujan rata-rata kawasan / sub DAS tiap Tahun di DAS Kenjeran.....	43
Tabel 4.3.	Parameter Dasar Statistik Data Hujan.....	47
Tabel 4.4.	Perhitungan Parameter Statistik Data .....	48
Tabel 4.5	Penentuan Distribusi Curah Hujan.....	50
Tabel 4.6	Perhitungan Parameter Metode Distribusi Log Pearson Type III .....	51
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan nilai $k$ , $\log R$ , dan $R$ Distribusi Log Pearson Type III.....	53
Tabel 4.8	Perhitungan Chi-Kuadrat untuk <i>Log Pearson Type III</i> .....	54
Tabel 4.9	Nilai Variabel Reduksi <i>Gauss</i> .....	55
Tabel 4.10	Nilai Batas Tiap Kelompok .....	56
Tabel 4.10	Jumlah Nilai Pengamatan sub Kelompok .....	56
Tabel 4.11	Perhitungan Chi-Kuadrat .....	58
Tabel 4.12	Perhitungan <i>Smirnov-Kolmogorov</i> untuk <i>Log Pearson Tipe III</i> .....	60
Tabel 4.13	Harga koefisien hambatan, $nd$ .....	65

Tabel 4.14	Perhitungan $t_f$ Ruas Saluran.....	66
Tabel 4.15	Perhitungan $t_0$ Ruas Saluran .....	67
Tabel 4.16	Perhitungan $t_c$ .....	69
Tabel 4.17	Perhitungan Intensitas Hujan .....	70
Tabel 4.18	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	72
Tabel 4.19	Evaluasi Dimensi Sistem Drainase Kenjeran.....	76

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Banjir dan genangan air pada suatu daerah atau kawasan disebabkan oleh sistem drainase yang ada belum berfungsi sesuai rencana. Disamping itu, hal ini disebabkan oleh kurangnya dalam memelihara saluran drainase yang ada sehingga menyebabkan penyumbatan saluran drainase oleh sampah atau penyebab lainnya. Yang dimaksud itu, salah satunya terjadi di sistem drainase Kenjeran kota Surabaya. Meningkatnya aktifitas kegiatan yang terjadi di kawasan sistem drainase Kenjeran Kota Surabaya berakibat pada perubahan pola penggunaan lahan di kawasan tersebut dan mengakibatkan timbulnya kawasan genangan baru di saluran Kenjeran. Taman terbuka hijau yang bisa menampung air hujan terutama di pemukiman padat dan kumuh, keberadaannya makin berkurang serta adanya peningkatan pasang surut ketinggian permukaan air laut juga menjadi penyebab faktor timbulnya genangan.

Selanjutnya, di kawasan sistem drainase Kenjeran tercatat memiliki data genangan cukup bervariasi di beberapa tempat, yang berkisar dari 10-30 cm dan lama genangan  $\pm 2$  jam (menurut data Surabaya *Drainage Master Plan*). Penyebab terjadinya genangan dikarenakan adanya pasang surut air laut yang mengakibatkan terjadinya aliran balik di hilir saluran primer Kenjeran serta adanya penyempitan saluran di beberapa titik. Saat terjadi hujan lebat akan terjadi genangan pada saluran sekunder seperti saluran Kalijudan, Karang Empat, dan Karang Asem (sumber: Dinas PU Binamarga dan Pematusan tahun 2015). Kawasan sistem drainase Kenjeran terletak dalam wilayah 4 kelurahan yaitu Kelurahan Kalijudan,

Kelurahan Ploso, Kelurahan Mulyorejo, dan Kelurahan Sukolilo seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1, dan Gambar 1.2.

Dari uraian seperti yang telah dijelaskan pada alinea sebelumnya, maka dalam tugas akhir/studi ini penulis akan melakukan evaluasi terhadap banjir dari genangan yang terjadi pada sistem drainase kota Surabaya, dengan judul tugas akhir adalah “Evaluasi Sistem Drainase Kenjeran Kota Surabaya”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan memperhatikan uraian latar belakang, maka permasalahan pada studi evaluasi sistem drainase Kenjeran kota Surabaya dapat dirumuskan sebagai berikut

1. Bagaimana besarnya debit banjir yang menyebabkan genangan?
2. Bagaimana besar kapasitas saluran pada sistem drainase Kenjeran?
3. Bagaimana usulan alternatif pemecahan masalah pada kawasan sistem drainase Kenjeran Kota Surabaya?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menghitung besarnya debit banjir yang menyebabkan genangan kawasan
2. Menghitung besar kapasitas saluran sistem drainase Kenjeran yang ada.
3. Menyusulkan solusi penanggulangan genangan di kawasan sistem drainase Kenjeran

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari kegiatan tugas akhir ini yakni:

1. Studi ini dapat memberi sumbangan pemikiran bagi pemerintah daerah dalam mengatasi banjir kawasan Kenjeran.
2. Memberikan tambahan ilmu dan wawasan pada penulis
3. Penulis dapat menerapkan teori-teori yang didapat ini dibangku kuliah dan menerapkannya di lapangan.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari “Evaluasi Sistem Drainase Kenjeran” ini adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi sistem drainase meliputi hanya sistem drainase Kenjeran.
2. Perhitungan debit hanya berdasarkan daerah tangkapan hujan (*catchment area*) sistem drainase Kenjeran.

### **1.6 Lokasi Studi**

Lokasi studi berada di sepanjang Jl. Kenjeran Surabaya, Jawa Timur seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka, dimaksudkan disini adalah pustaka yang terkait dengan tugas akhir, seperti refrensi, rumus-rumus istilah. Dalam penjelasan berikut akan diusulkan lebih detail.

#### **2.1. Analisa Hidrologi**

Analisa hidrologi merupakan analisa awal dalam mengevaluasi sistem saluran drainase untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi saluran tersebut. Besar debit yang di pakai adalah debit rencana yang didapat dari debit hujan rencana pada periode ulang tertentu. Penetapan besarnya banjir rencana yang sesuai diperlukan analisa hidrologi. Dalam perhitungan debit rencana dapat digunakan data debit pada sungai yang bersangkutan atau saluran atau data curah hujan yang nantinya diolah menjadi debit rencana.

##### **2.1.1. Curah Hujan Rata- Rata Harian Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata daerah aliran sungai (DAS). Curah hujan ini disebut curah hujan DAS yang dinyatakan dalam (mm/hari). Ada beberapa metode untuk menghitung curah hujan rata-rata DAS.

#### **1. Metode Aritmatik**

Metode Aritmatik didapat dengan mengambil nilai rata-rata hitung dari hasil atau rata-rata aljabar pengukuran hujan di

stasiun hujan didalam area DAS, dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Rumus :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan harian rata- rata (mm/hari)

$R_i$  : tinggi curah hujan harian pada stasiun hujan ke-  
(mm/hari)

$n$  : banyaknya stasiun hujan

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat diterima, terutama pada luasan DAS yang relative kecil.

## 2. Metode Polygon Thiessen

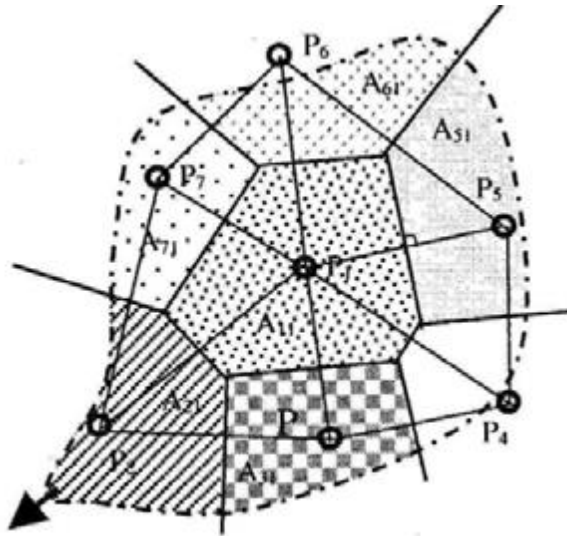
Metode ini memperhitungkan cakupan area dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Metode ini banyak digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, dan stasiun hujan minimal tiga. Hitungan curah hujan rata-rata DAS dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Stasiun hujan digambar pada peta daerah aliran sungai yang ditinjau. Antar stasiun hujan dibuat garis lurus penghubung sehingga membentuk segitiga.
- b. Tiap-tiap sisi segitiga dibuat garis berat sehingga saling bertemu dan membentuk suatu *polygon* yang mengelilingi setiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk



oleh *polygon*, sedangkan untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas daerah membentuk batas tertutup dari *polygon*.

- c. Luas areal pada tiap-tiap *polygon* dapat diukur, kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di tiap *polygon*. Hasil jumlah hitungan tersebut dibagi dengan total luas daerah yang ditinjau selanjutnya lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Poligon Thiessen (Suripin, 2004).

- d. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Rumus :

$$R = \frac{R_1.A_1 + R_2.A_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$R_1, R_2, \dots, R_n$  : curah hujan tercatat di stasiun hujan 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, \dots, A_n$  : luas area polygon 1, 2, ..., n

n : banyaknya stasiun hujan

### 2.1.2 Analisa Distribusi Frekuensi Hujan

Analisa distribusi frekuensi hujan dimaksudkan adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa hujan atau peristiwa statistic lainnya yang berkaitan dengan frekuensi kejadian melalui penerapan distribusi kemungkinan. Untuk menentukan metode yang dipilih maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan parameter statistik, antara lain :

#### 1. Nilai rata-rata:

Nilai rata-rata merupakan nilai yang cukup representatif dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata dapat digunakan untuk pengukuran suatu distribusi

Rumus :

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan harian rata-rata (mm/hari)

$R_i$  : tinggi curah hujan pada tahun ke i (mm/hari)

n : banyaknya data

#### 2. Standart Deviasi (*Deviation Standart*) :

Rumus :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Ri - \bar{R})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Sd : Standart Deviasi

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan rata- rata pada DAS (mm/hari)

Ri : tinggi curah hujan pada tahun ke-i (mm/hari)

n : banyaknya data

### 3. Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*) :

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara standard deviasi dan nilai rata-rata

Rumus :

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Sd : Standart Deviasi

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan rata- rata (mm/hari)

### 4. Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*) :

Koefisien kemencengan (*skewness*) dapat digunakan untuk mengetahui nilai derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Rumus :

$$Cs = \frac{\sum(Ri - \bar{R})^3 n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

Cs : Koefisien *Skewness*

Sd : Standart Deviasi

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan rata- rata pada DAS (mm/hari)

Ri : tinggi curah hujan pada tahun ke-i (mm/hari)

n : banyaknya data

#### 5. Koefisien Ketajaman (*Kurtosis Coefficient*) :

Koefisien ketajaman dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus:

$$Ck = \frac{\sum (Ri - \bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

Ck : Koefisien *Kurtosis*

Sd : Standart Deviasi

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan rata- rata pada DAS (mm/hari)

Ri : tinggi curah hujan pada tahun ke-i (mm/hari)

n : banyaknya data

Adapun sifat-sifat parameter statistik dari masing- masing distribusi teoritis dilihat dapat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1.** Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$Cs \approx 0, Ck = 3$
Gumbel	$Cs \leq 1,1396, Ck \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$
Log Normal	$Cs = 0,2, Ck = 3,05$

1. Distribusi Frekuensi Normal, harga  $C_s = 0$  dan  $C_k = 3$ .
2. Distribusi Frekuensi Gumbel, harga  $C_s = 1,139$  dan  $C_k = 5,402$
3. Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III nilai  $C_s$  dan  $C_k$  selain dari parameter statistik untuk distribusi yang lain (normal dan gumbel)

(Bambang, 2008)

Curah hujan harian maksimum rencana dapat dihitung menggunakan beberapa metode, antara lain:

1. Distribusi Frekuensi Normal
2. Distribusi Frekuensi Gumbel
3. Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III

### 2.1.2.1 Metode Distribusi Frekuensi Normal

Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambarkan pada kertas grafik peluang, umumnya akan membentuk persamaan garis lurus sebagai berikut :

Rumus:

$$X = \bar{X} + k.S \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

$X$  : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.

$\bar{X}$  : nilai rata-rata hitung variat atau data

$Sd$  : standar deviasi nilai variat atau data

$k$  : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari pada peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

(Soewarno, 1995)

### 2.1.2.2 Metode Distribusi Frekuensi Gumbel

Distribusi frekuensi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir persamaan umum dari metode distribusi gumbel adalah:

Rumus :

$$X = \bar{X} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} S_d \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

- $X$  : perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau pada periode ulang tertentu.
- $\bar{X}$  : nilai rata-rata hitung variat
- $Y_{Tr}$  : nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu
- $Y_n$  : nilai rata-rata dari reduksi variat
- $S_n$  : nilai standar dari reduksi variat
- $S_d$  : standar deviasi nilai variat atau data

#### 1. Hitung nilai $Y_{Tr}$

Rumus :

$$Y_{Tr} = -\ln \left[ \ln \frac{Tr-1}{Tr} \right] \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

- $Y_{Tr}$  : nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

(Soewarno, 1995)

Besarnya nilai  $S_n$ ,  $Y_n$ , dan  $Y_{Tr}$  dapat dilihat dalam Tabel 2.2; 2.3; 2.4 sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Nilai  $Y_n$  Distribusi Frekuensi Gumbel

n	$Y_n$	N	$Y_n$	n	$Y_n$	n	$Y_n$	n	$Y_n$
10	0,4952	29	0,5353	48	0,5477	67	0,554	86	0,558
11	0,4996	30	0,5362	49	0,5481	68	0,5543	87	0,5581
12	0,5035	31	0,5371	50	0,5485	69	0,5545	88	0,5583
13	0,507	32	0,538	51	0,5489	70	0,5548	89	0,5585
14	0,51	33	0,5388	52	0,5493	71	0,555	90	0,5586
15	0,5128	34	0,5396	53	0,5497	72	0,5552	91	0,5587
16	0,5157	35	0,5403	54	0,5501	73	0,5555	92	0,5589
17	0,5181	36	0,541	55	0,5504	74	0,5557	93	0,5591
18	0,5202	37	0,5418	56	0,5508	75	0,5559	94	0,5592
19	0,522	38	0,5424	57	0,5511	76	0,5561	95	0,5593
20	0,5236	39	0,5436	58	0,5515	77	0,5563	96	0,5595
21	0,5252	40	0,5436	59	0,5518	78	0,5565	97	0,5596
22	0,5268	41	0,5442	60	0,5521	79	0,5567	98	0,5598
23	0,5283	42	0,5448	61	0,5524	80	0,5569	99	0,5599
24	0,5296	43	0,5453	62	0,5527	81	0,557	100	0,56
25	0,5309	44	0,5458	63	0,553	82	0,5572		
26	0,532	45	0,5463	64	0,5533	83	0,5574		
27	0,5332	46	0,5468	65	0,5535	84	0,5576		
28	0,5343	47	0,5473	66	0,5538	85	0,5578		

*Sumber : Soemarto, 1999*

**Tabel 2.3** Nilai Sn Distribusi Frekuensi Gumbel

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	29	1,108	48	1,1574	67	1,1824	86	1,198
11	0,9676	30	1,1124	49	1,159	68	1,1834	87	1,1987
12	0,9833	31	1,1159	50	1,1607	69	1,1844	88	1,1994
13	1,9971	32	1,1193	51	1,1623	70	1,1854	89	1,2001
14	1,0095	33	1,1226	52	1,1638	71	1,1863	90	1,2007
15	1,0206	34	1,1255	53	1,1658	72	1,1873	91	1,2013
16	1,0316	35	1,1285	54	1,1667	73	1,1881	92	1,202
17	1,0411	36	1,1313	55	1,1681	74	1,189	93	1,2026
18	1,0493	37	1,1339	56	1,1696	75	1,1898	94	1,2032
19	1,0565	38	1,1363	57	1,1708	76	1,1906	95	1,2038
20	1,0628	39	1,1388	58	1,1721	77	1,1915	96	1,2044
21	1,0696	40	1,1413	59	1,1743	78	1,1923	97	1,2049
22	1,0754	41	1,1436	60	1,1747	79	1,193	98	1,2055
23	1,0811	42	1,1458	61	1,1759	80	1,1983	99	1,206
24	1,0864	43	1,148	62	1,177	81	1,1945	100	1,2065
25	1,0915	44	1,1499	63	1,1782	82	1,1953		
26	1,0961	45	1,1519	64	1,1793	83	1,1959		
27	1,1004	46	1,1538	65	1,1803	84	1,1967		
28	1,1047	47	1,1557	66	1,1814	85	1,1973		

*Sumber : Soewarno, 1995*



**Tabel 2.4** Nilai  $Y_{Tr}$  Distribusi Gumbel

Periode Ulang Tr (tahun)	<i>Reduced Variate</i> Ytr	Periode Ulang Tr (tahun)	<i>Reduced Variate</i> Ytr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Sumber : Soewarno, 1995

### 2.1.2.3 Metode Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III

Perkiraan besarnya probabilitas hujan rencana dengan periode ulang  $Tr$  tahun dengan metode ini menggunakan perumusan sebagai berikut :

Rumus :

$$\text{Log } R = \overline{\text{Log } R} + k. (\overline{Sd \text{ Log } R}) \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

Log  $R$  : logaritma curah hujan dalam periode ulang  $Tr$  tahun (mm/hari)

$k$  : Faktor sifat distribusi Log Pearson Type III yang merupakan fungsi dari besarnya  $C_s$

$\overline{\text{Log } R}$  : nilai rata-rata

## 1. Hitung nilai Log rata-rata

Rumus :

$$\overline{\log R} = \frac{\sum \log Ri}{n} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

n : jumlah data

Log Ri : logaritma curah hujan dalam periode ulang Tr tahun  
(mm)

## 2. Hitung nilai Standart Deviasi dari Log Ri

Rumus :

$$\overline{Sd \log R} = \sqrt{\frac{\sum (\log Ri - \overline{\log R})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

 $\overline{Sd}$  : nilai deviasi standar dari log RLog Ri : logaritma curah hujan dalam periode ulang Tr tahun  
(mm) $\overline{\log R}$  : nilai rata-rata

n : jumlah data

## 3. Hitung nilai Koefisien Kemencengan

Rumus :

$$Cs = \frac{n \sum (\log Ri - \overline{\log R})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{S \log R})^3} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan :

Cs : Koefisien kemencengan

$\overline{Sd \log R}$  : nilai standart deviasi dari log Ri

Log Ri : logaritma curah hujan dalam periode ulang Tr  
tahun (mm/hari)

$\overline{Log R}$  : nilai rata-rata

n : jumlah data

(Soewarno, 1995)

Besarnya nilai k dapat dilihat dalam Tabel 2.5 sebagai berikut :

**Tabel 2.5** nilai k Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III

Kemen cengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,400	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,360	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960

Lanjutan Tabel 2.5

0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,185
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,711	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Soewarno 1995

### 2.1.3 Sistem Drainase Kenjeran

Sistem drainase Kenjeran terdiri dari beberapa sub DAS yaitu seperti pada rincian berikut:

1. Kenjeran-Bronggalan : 0.27 km<sup>2</sup>
2. Kenjeran-Karang Empat : 0.46 km<sup>2</sup>
3. Kenjeran-Kalijudan : 1.22 km<sup>2</sup>
4. Kenjeran-Lebak Arum : 0.25 km<sup>2</sup>
5. Kenjeran-Kenjeran Utara : 0.15 km<sup>2</sup>
6. Kenjeran-Kenjeran Selatan : 0.52 km<sup>2</sup>
7. Kenjeran-Larangan : 2.83 km<sup>2</sup>

dan seperti terlihat di Gambar 1.1 dan Gambar 1.2

### 2.1.4. Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi Hujan

Uji kecocokan dimaksudkan untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada 2 jenis uji kecocokan yang akan dipakai pada studi ini yakni, uji kecocokan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

#### 2.1.4.1 Uji Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Parameter chi kuadrat dihitung dengan rumus:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

$Xh^2$  : Parameter chi kuadrat terhitung

G : jumlah sub kelompok

$O_i$  : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $i$

$E_i$  : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $i$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan Sturges:

$$G = 1 + 3,332 \log n \dots\dots\dots (2.16)$$

Parameter  $X^2$  merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai  $X^2$  sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat yang sebenarnya ( $X^2$ ) dapat dilihat pada Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi).

Prosedur uji Chi Kuadrat adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi  $G$  sub-group, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub group
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$
5. Pada tiap sub grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.17)$$

6. Jumlah seluruh  $G$  sub-grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi kuadrat

Derajat Kebebasan (DK)

$$Dk = G - (P + 1)$$

Interpretasi hasilnya adalah :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang lebih kecil 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

3. Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.  
(Soewarno, 1995)

Untuk melihat Interpretasi hasil Tes Chi-Kuadrat dapat melihat Tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

Degres of Freedom	Probability of a Deviation Greter then $X^2$				
	20%	10%	5%	1%	0.1%
1	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	3,129	4,605	5,991	9,21	13,815
3	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	7,274	9,212	11,04	15,045	20,507
6	8,558	10,645	12,592	16,812	22,548
7	9,803	12,017	14,047	18,475	24,322
8	11,03	13,362	15,507	20,09	26,125
9	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
10	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	15,812	18,546	21,026	26,217	32,909
13	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	19,311	22,307	24,996	30,548	37,697
16	20,465	23,542	26,296	32	39,252
17	21,615	24,769	27,587	33,469	40,79

Lanjutan Tabel 2.6

18	22,76	25,98	18,869	34,805	42,312
19	23,9	27,204	30,144	36,191	43,82
20	25,038	28,412	31,41	37,566	45,315

Sumber : Suripin, 2004

#### 2.1.4.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan smirnov-kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non *parametric* karena pengujian ini tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing- masing data tersebut.
2. Tentukan nilai masing- masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)
3. Dari kedua peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dan peluang teoritis.  
 $D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)]$
4. Berdasarkan Tabel 2.7 nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov) tentukan harga  $D_0$
5. Apabila  $D$  lebih kecil dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi dapat diterima, apabila  $D$  lebih besar dari  $D_0$  maka distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.



**Tabel 2.7** Nilai  $\Delta$  kritis (Do) untuk uji keselarasan Smirnov Kolmogorov

n	Derajat Kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{\sqrt{N^{0,5}}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N^{0,5}}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N^{0,5}}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N^{0,5}}}$

Sumber : Soewarno 1995

### 2.1.5. Debit Banjir Rencana

Dalam mengevaluasi sistem drainase dan sebagainya perlu memperkirakan debit terbesar dari aliran sungai atau saluran yang mungkin terjadi dalam suatu periode tertentu yang disebut debit rencana. Periode ulang tertentu yang mungkin terjadi banjir rencana berulang disebut periode ulang.

Perhitungan debit banjir rencana untuk saluran drainase ini dilakukan berdasarkan hujan harian maksimum yang terjadi pada suatu periode ulang tertentu. Hal ini dilakukan mengingat adanya hubungan antara hujan dan aliran sungai dimana besarnya aliran

sungai dimana besarnya aliran dalam sungai ditentukan dari besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah lama waktu hujan, luas daerah aliran sungai dan ciri-ciri daerah alirannya.

Metode yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana yaitu **Metode Rasional**. Metode rasional dipakai apabila luas daerah aliran sungai relatif kecil. Persamaan yang dipakai :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

- Q : debit banjir rencana pada periode ulang tertentu ( $m^3/dt$ )  
 C : koefisien pengaliran  
 I : intensitas hujan pada periode ulang tertentu (mm/jam)  
 A : luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

### 2.1.5.1 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) sebenarnya merupakan perbandingan antara jumlah hujan yang jatuh dengan jumlah hujan yang tertangkap di titik yang ditinjau. Koefisien pengaliran suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi topografi tiap daerah, antara lain :

1. Kondisi Hujan
2. Luas dan bentuk daerah pengaliran
3. Kemiringan daerah pengaliran dan kemiringan dasar sungai
4. Tata guna lahan

Untuk daerah pengaliran yang terdiri dari atas beberapa jenis tata guna lahan, maka nilai C diambil rata- ratanya sesuai dengan bobot luasannya dengan rumus :

$$C_{gab.} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$C_{gab.} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

$C_{gab.}$  : Koefisien pengaliran rata- rata

$A_i$  : Luas daerah dari masing-masing tata guna lahan (km<sup>2</sup>)

$n$  : Banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu daerah pengaliran

Pada kenyataannya nilai koefisien pengaliran biasanya lebih dari 0 kurang dari 1. Adapun angka koefisien pengaliran untuk berbagai tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8. Nilai Koefisien Pengaliran ( C )

Tata Guna Lahan	Nilai C
<b>PERKANTORAN</b>	0,70 - 0,95 0,50 - 0,70
Pusat Kota Daerah Sekitar Kota	
<b>DAERAH INDUSTRI</b>	0,30 - 0,50 0,40 - 0,60 0,60 - 0,75 0,25 - 0,40
Rumah Tinggal	
Rumah Susun terpisah	
Rumah Susun bersambung Pinggiran Kota	
<b>DAERAH INDUSTRI</b>	0,50 - 0,80 0,60 - 0,90
Kurang Padat Industri Padat Industri	
<b>TANAH LAPANG</b>	0,05 - 0,10 0,10 - 0,15
Berpasir, datar ( 2% ) Berpasir agak rata ( 2% - 7% )	

Lanjutan Tabel 2.8

Berpasir Miring ( 7% )	0,15 - 0,20
Tanah Gemuk, datar ( 2% )	0,13 - 0,17
tanah Gemuk, rata-rata ( 2% - 7% )	0,18 - 0,22
Tanah Gemuk, curam ( 7% )	0,25 - 0,35
<b>TANAH PERTANIAN</b>	0,30 - 0,60 0,20 - 0,50 0,10 - 0,25 0,20 - 0,35 0,20 - 0,40 0,10 - 0,30
Rata	
Kasar	
Taman, kuburan	
Tempat Bermain	
Daerah Stasiun Kereta Api	
Daerah Tidak Berkembang	
<b>HUTAN BERVEGETASI</b>	0,05 - 0,25
<b>PADANG RUMPUT BERPASIR</b>	0,75 - 0,95

Sumber : Soewarno 1995

### 2.1.5.2. Intensitas Curah Hujan

Intensitas Curah hujan merupakan ketinggian hujan yang terjadi per satuan waktu. Untuk perhitungan curah hujan berdasarkan data curah hujan harian dari stasiun hujan dapat digunakan rumus Mononobe.

$$I = \left[ \frac{R_{24}}{24} \right] \left[ \frac{24}{tc} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

I : Intensitas Curah Hujan ( mm/jam )

R<sub>24</sub> : Curah Hujan Periode Ulang Tr. tahun ( mm/hari)

tc : waktu konsentrasi ( jam )

Untuk mengetahui waktu konsentrasi dapat menggunakan rumus berikut :

$$t_c = t_0 + t_f \dots \dots \dots (2.21)$$

Keterangan :

$t_0$  : *overland flow time ( inlet time )* , waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di *inlet* (jam)

$t_f$  : *channel flow time*, waktu yang diperlukan air mengalir sepanjang saluran sampai di *outlet* ( jam )

Untuk mengetahui nilai  $t_0$  dan  $t_f$  dapat menggunakan rumus berikut:

### 1. Rumus Kirpich

$$t_0 = 0,0195 \left[ \frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right]^{0,77} \text{ untuk } L_0 > 400 \text{ m} \dots \dots \dots (2.22)$$

Keterangan :

$t_0$  : *overland flow time ( inlet time )* , waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di *inlet* (jam)

$L_0$  : Jarak mengalirnya air hujan mengalir diatas permukaan sampai *inlet* ( m )

$I_0$  : Kemiringan rata – rata dari daerah aliran ( $\frac{\Delta H}{L}$ )

### 2. Rumus Kerby

$$t_0 = 1,44 \left[ n x \frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right]^{0,467} \text{ untuk } L \leq 400 \text{ m} \dots \dots \dots (2.23)$$

Keterangan :

$t_0$  : *overland flow time ( inlet time )*, waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di *inlet* ( jam )

$L_0$  : Jarak mengalirnya air hujan mengalir diatas permukaan sampai *inlet* ( m )

$I_0$  : Kemiringan rata – rata dari daerah aliran ( $\frac{\Delta H}{L}$ )

$n$  : Kekerasan daerah pengaliran menurut *Kerby*

$$tf = \frac{L}{V} \times 3600 \text{ ( jam ) } \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

$L$  : Panjang saluran ( m )

$V$  : Kecepatan air pada saluran ( m/dt )

Penggabungan antara  $t_0$  dan  $t_f$  dimaksudkan untuk mendapatkan lamanya waktu konsentrasi seluruh aliran baik yang mengalir di daerah pengaliran maupun di saluran sehingga dapat diketahui besar banjir yang sesungguhnya pada titik pengamatan.

Sedangkan beda tinggi antara titik terjauh di hilir dengan titik pengamatan ( $\Delta H$ ), diperoleh dari kemiringan saluran eksisting rata-rata pada *long section* dan untuk harga koefisien pengaliran (  $C$  ) seperti telah diuraikan sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 2.8. Perhitungan intensitas curah hujan membutuhkan  $R_{24}$ , dalam hal ini dipakai  $R_{24}$  yang direncanakan berdasarkan hasil perhitungan hujan rencana periode ulang.

## 2.2. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika dimaksudkan untuk mencari dimensi hidrolis dari saluran drainase. Dalam menentukan besaran dimensi

saluran drainase, perlu diperhitungkan kriteria-kriteria perencanaan berdasarkan kaidah-kaidah hidrolika.

### 2.2.1. Evaluasi Saluran Sistem Drainase Kenjeran

Evaluasi saluran sistem drainase Kenjeran dimaksudkan adalah mengecek kembali kemampuan dimensi saluran pada sistem drainase Kenjeran, apabila dilewati oleh debit rencana (debit periode ulang) tertentu, dalam hal ini Q2th, Q5th, dan Q10th.

Rumus kecepatan rata – rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, Rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang sangat memuaskan.

Rumus :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} . I^{1/2} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Q = A . V$$

$$Q = A . \frac{1}{n} R^{2/3} . I^{1/2} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

Q : Debit saluran (m<sup>3</sup>/det)

V : Kecepatan aliran (m/det)

A : Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)

n : Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran

R : Jari- jari hidrolis saluran =  $\frac{A}{P}$  (m)

I : Kemiringan dasar saluran

Nilai kekerasan Manning dapat menjadi kekasaran gabungan apabila dalam suatu saluran ada lebih dari satu jenis bahan yang menyusun dinding dan dasar saluran tersebut. Misalnya saluran

yang terbuat dari pasangan batu kali pada dinding sedangkan dasar saluran adalah tanah. Nilai kekasaran Manning gabungan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n_{gabungan} = \frac{(P_1 n_1^2 + P_2 n_2^2 + \dots + P_n n_n^2)^{1/2}}{P^{1/2}} \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan :

P : Keliling basah (m)

n : Nilai kekasaran Manning

Harga koefisien Manning didapat berdasarkan lapisan bahan permukaan saluran yang diinginkan dan dapat dilihat pada Tabel 2.9

**Tabel 2.9** Nilai Koefisien Kekasaran n

Tipe Saluran dan deskripsinya	Min.	Normal	Max
<b>A. Tertutup terisi sebagian</b>			
<b>B. Saluran, dilapiskan atau dipoles</b>			
B. 1. Logam			
B. 2. Bukan Logam			
a. Semen			
b. Kayu			
c. ....			
g. Semen			
1. Batu Pecah disemen	0.017	0.025	0.030
2. Batu Kosong	0.023	0.032	0.035
j. Lapisan dari tanaman	0.030	....	0.050



Lanjutan Tabel 2.9

<b>C. Digali atau dikeruk</b>			
a. Tanah lurus dan seragam			
1. Bersih, baru dibuat	0.016	0.018	0.020
2. Bersih, telah melapuk	0.018	0.022	0.025
3. Kerikil, penampang seragam	0.022	0.025	0.030
4. Berumput pendek	0.022	0.027	0.033
b. Tanah berkelok- kelok			
c. Hasil galian atau kerukan			
d. Pemecah batu			
e. Saluran tidak dirawat			
<b>D. Saluran alam</b>			

*Sumber : Ven Te Chow*

### 1. Penampang Saluran Segi Empat

$$Q = V.A.....(2.28)$$

Keterangan :

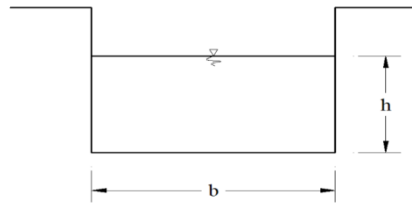
Q : Debit saluran ( $m^3/det$ )

A : Luas penampang basah saluran ( $m^2$ ) =  $b \times h$

P : Keliling basah =  $b+2h$

R : Jari- jari hidrolis saluran ( $m$ ) =  $A/P$

V : Kecepatan aliran ( $m/det$ )



Gambar 2.2. Dimensi Saluran Segi Empat

## 2. Penampang Saluran Trapesium

$$Q = V.A \dots \dots \dots (2.29)$$

Keterangan :

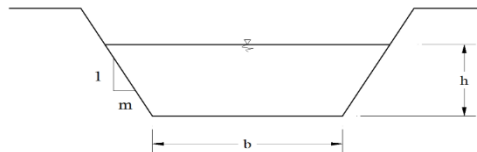
Q : Debit saluran (m<sup>3</sup>/det)

A : Luas penampang basah saluran = (b+mh) h

P : Keliling basah =  $b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

R : Jari- jari hidrolis saluran (m) = A/P

V : Kecepatan aliran (m/det)



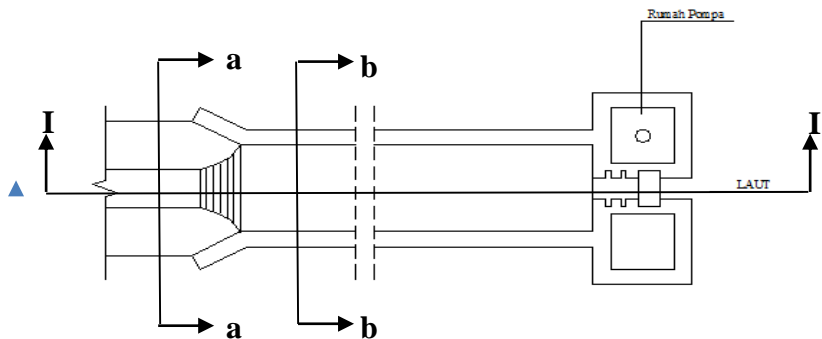
Gambar 2.3. Dimensi Saluran Trapesium

### 2.2.2 Operasional Pompa dan Pintu Pembuang ke Laut

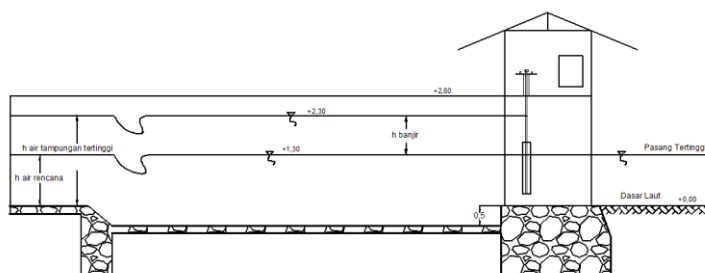
Sistem drainase Kenjeran tidak sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong. Hal ini disebabkan karena pembuangan akhir adalah laut sehingga alirannya dipengaruhi oleh pasang surut. Untuk mengatasi hal tersebut, pada pembuangan akhir (ruas saluran Kenjeran-Larangan) dilengkapi dengan pintu

pembuangan, yang berfungsi juga sebagai pintu pengatur pasang surut. Pintu pembuangan ini digerakkan secara elektrik. Selain itu, apabila karena kondisi pasang dan tidak memungkinkan untuk membuang melalui pintu air, maka dilakukan pemompaan yang digunakan pada waktu tertentu apabila muka air di hilir pembuangan akhir sama dengan atau lebih tinggi daripada muka air di saluran. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya genangan yang lama pada Sub DAS Kenjeran. Selanjutnya secara detail akan dijelaskan dalam uraian berikut.

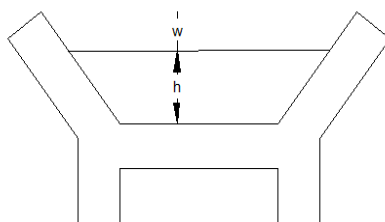
1. Saluran penampungan sebelum dibuang air di buang ke laut. Saluran ini berfungsi untuk menampung air banjir sebelum dibuang kelaut, karena air laut pada kondisi pasang. Lokasi saluran penampungan sistem drainase Kenjeran terletak pada ruas saluran Kenjeran-Larangan (ruas saluran akhir) seperti pada Gambar 2.4 (pasang maksimum, elevasi pasang lebih tinggi dari muka saluran)



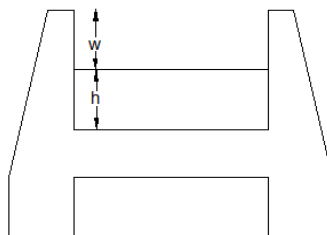
Gambar 2.4 Denah *Long Storage*, pompa dan pintu air



Gambar 2.5 Potongan memanjang I-I *Long Storage*, pompa dan pintu air



Gambar 2.6 Potongan melintang a-a *Long Storage*



Gambar 2.7 Potongan melintang b-b *Long Storage*

Volume saluran saluran tampungan diperhitungkan terhadap debit periode ulang 10 tahun, dengan rincian sebagai berikut.

- a. Debit Rencana  $= Q_{10 \text{ th}}$
  - b. Panjang saluran  $=$  Ruas saluran Kenjeran - Larangan, Kenjeran - Kenjeran Selatan, Kenjeran - Kalijudan, dst
  - c. Lebar saluran  $=$  (trapesium) atau (segi 4)
  - d. Tinggi saluran  $= m$
  - e. Panjang saluran tampung  $=$  Panjang ruas saluran yang terpakai
  - f. Tinggi air yang diijinkan adalah tinggi air (h) rencana + tinggi jagaan (w)
2. Operasional pintu bila air surut (dasar laut 0.00) pintu digerakkan secara elektrik.

$$Q = A.V$$

$$= b.q.C.\sqrt{2gZ}$$

$$= b.a.C.\sqrt{2.g.(h-a)}$$

Keterangan:

b = Lebar pintu

a = Tinggi bukaan

C = Koefisien debit = 0,85

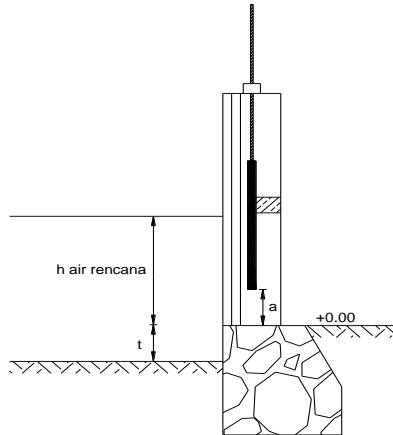
g = Gravitasi,  $9,81 \text{ m}^3/\text{dt}$  (di depan pintu)

h = Tinggi air rencana  $Q_{10 \text{ th}}$

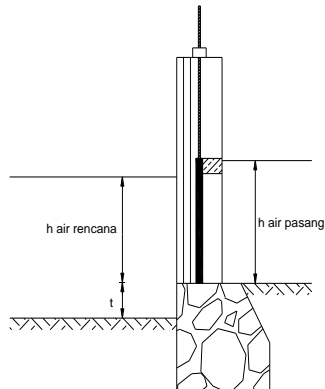
3. Operasional pompa banjir

Pompa dioperasikan bila air banjir telah menggenangi saluran penampungan dan tinggi air saluran lebih rendah dari tinggi air

laut (karena pasang), maka pintu pembuang ditutup, dan air di kolam tampung di buang ke laut dengan pemompaan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.8 dan Gambar 2.9



Gambar 2.8 Buka pintu pada saat surut (+0.00)



Gambar 2.9 Pintu ditutup (pasang +1.30)

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Langkah Penyusunan**

Dalam bab ini akan dijelaskan langkah- langkah yang akan dilakukan dalam penyusunan studi “Evaluasi Sistem Drainase Kenjeran Kota Surabaya”. Adapun langkah-langkahnya adalah seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1.

#### **3.1.1. Persiapan**

Persiapan dilakukan untuk mendukung kelancaran penyusunan Laporan Tugas Akhir

1. Mempersiapkan surat perijinan yang diperlukan sebagai kelengkapan administrasi penyusunan Tugas Akhir.
2. Mempersiapkan pihak-pihak (instansi) terkait dalam mengumpulkan informasi dan data
3. Mempersiapkan kelengkapan untuk survey lapangan untuk mengetahui kondisi permasalahan di kawasan saluran Kenjeran.

#### **3.1.2. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan judul Laporan Tugas Akhir ini yaitu “Evaluasi Sistem Drainase Kenjeran Kota Surabaya”. Studi literature dapat dicari pada jurnal, internet, buku dan pustaka.

#### **3.1.3. Pengumpulan Data**

Data yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari survey di lapangan, serta data sekunder terdiri dari:

1. Data Curah Hujan
2. Peta  
Peta yang digunakan antara lain:
  - a. Peta Stasiun Hujan
  - b. Peta Topografi :
  - c. Peta Layout *Surabaya Drainage Master Plan 2018*  
(saluran Kenjeran dan sistem jaringannya)
  - d. Peta Tata Guna Lahan
  - e. Peta Skema Jaringan
3. Data lama dan tinggi genangan
4. *Catchment area*

#### **3.1.4. Analisa Data**

Data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan metode- metode yang telah diajarkan atau metode lain yang mungkin diperlukan. Analisa data terdiri dari analisa hidrologi dan analisa hidrolika, terdiri dari seperti dalam rincian berikut.

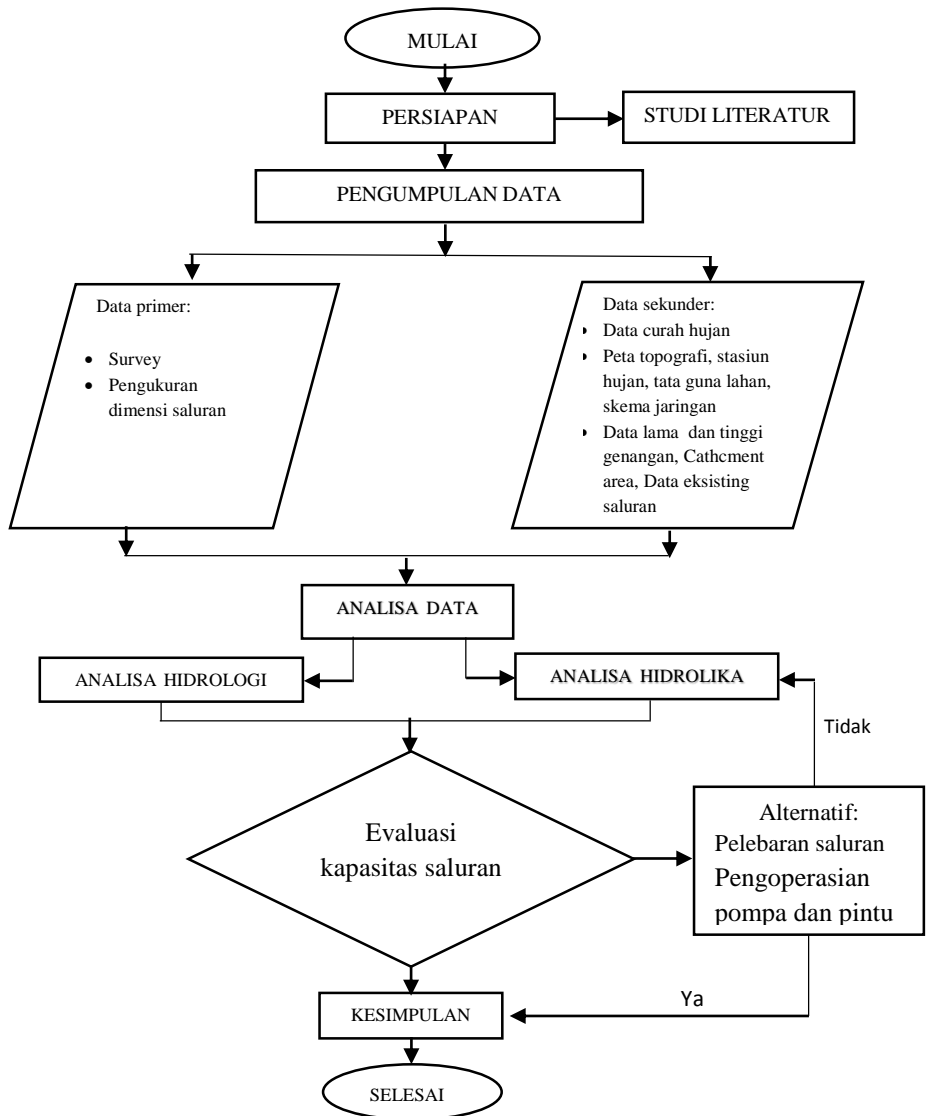
1. Analisa Perhitungan Hidrologi
  - a. Perhitungan Hujan Rata- rata
  - b. Perhitungan Hujan Rencana
  - c. Perhitungan Intensitas Curah Hujan
  - d. Perhitungan Koefisien Pengaliran
  - e. Uji Kecocokan Distribusi
  - f. Perhitungan Debit Banjir Rencana
  - g. Perhitungan Hidrograf Sintetis
2. Analisa Perhitungan Hidrolika
  - a. Perhitungan Dimensi Saluran
  - b. Perhitungan Kapasitas Saluran
  - c. Perhitungan Operasional Pompa
  - d. Perhitungan Operasional Pintu



- e. Perhitungan rencana dari alternatif atau solusi permasalahan di Kenjeran

### **3.1.5. Kesimpulan**

Untuk kesimpulan dan saran dapat diperoleh dari hasil perencanaan yang didapat.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi (Flow Chart)

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Analisa Hidrologi**

Analisa hidrologi dimaksudkan adalah analisa terkait dengan debit rencana yakni debit yang direncanakan akan lewat dalam sistem drainase. Debit banjir rencana pada umumnya direncanakan untuk pembuangan air secepatnya, agar tidak terjadi genangan air yang mengganggu. Oleh karena itu saluran-saluran drainase sebaiknya direncanakan sesuai dengan debit banjir rencana. Pada perencanaan ini debit banjir rencana dihitung menggunakan data curah hujan, karena data debit tidak tersedia.

#### **4.2. Analisa Curah Hujan Rata-Rata Kawasan / DAS**

Curah hujan rata-rata kawasan atau sub DAS atau DAS adalah besarnya rata-rata hujan yang jatuh pada kawasan tersebut. Untuk perhitungan analisa hidrologi ini, tersedia dari 2 stasiun hujan yakni stasiun Larangan dan stasiun Gubeng, dengan data tersedia 20 tahun, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1

Ada 3 metode yang sering digunakan untuk perhitungan analisa curah hujan, rata-rata kawasan/sub DAS/DAS yaitu Metode Aritmatik, Metode *Poligon Thiessen*, dan Metode Ishoyet. Dari ketiga metode diatas mempunyai spesifikasi seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Metode Perhitungan Hujan Rata-Rata DAS

<b>Parameter</b>	<b>Stasiun Penakar Hujan</b>	<b>Cara yang dapat digunakan</b>
Jumlah stasiun hujan	Cukup	Aritmetika, <i>Thiessen Poligon</i> , Ishoyet

Jumlah stasiun hujan	Terbatas	Rerata Aritmetik, <i>Thiessen Poligon</i>
Luas Das	>5000 km <sup>2</sup> (Besar)	Ishoyet <i>Thiessen Poligon</i>
	501 – 5000 km <sup>2</sup> (sedang)	
	<500 km <sup>2</sup> (kecil)	Rerata Aritmatik
Kondisi Topografi	Pegunungan	<i>Thiessen Poligon</i>
	Dataran	Aljabar
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Ishoyet dan <i>Thiessen Poligon</i>

*Sumber : Suripin, 1998*

Pada kawasan sub DAS Kenjeran, jumlah stasiun hujan yang ada termasuk kategori cukup, terletak pada wilayah dataran, dan memiliki luas DAS < 500 km<sup>2</sup>, maka untuk menghitung curah hujan bisa digunakan cara *Poligon Thiessen*, Rerata Aritmatik (Aljabar). Dikarenakan hanya ada dua stasiun hujan maka dalam tugas akhir ini digunakan metode aritmatika (*Aritmatic Mean*), seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1

**Tabel 4.2** Curah Hujan rata-rata kawasan / sub DAS tiap Tahun di DAS Kenjeran

Tahun	Tanggal	Sta. Larangan	Sta. Gubeng	R	CH. Rata-rata kawasan / sub DAS
1996	16 nop	85	64	74.5	74.5
1996	7-Feb	20	70	45	
1997	13-Feb	132	120	126	126
1998	17 mei	135	65	100	100
1998	19 des	90	84	87	

Lanjutan Tabel 4.2

1999	23 des	116	86	101	101
2000	23-Mar	101	93	97	97
2001	17-Apr	80	98	89	92.5
2001	21 des	65	120	92.5	
2002	30-Jan	187	170	178.5	178.5
2003	31-Jan	65	32	48.5	52
2003	27 nop	36	68	52	
2004	7-Jan	61	58	59.5	59.5
2004	27-Mar	0	86	43	
2005	15 des	64	31	47.5	73.5
2005	13 des	58	89	73.5	
2006	30 des	70	88	79	79
2006	14-Jan	50	106	78	
2007	31-Mar	64	70	67	76
2007	18 des	48	104	76	
2008	16-Jan	84	92	88	88
2008	19 des	0	98	49	
2009	31-Jan	70	59	64.5	64.5
2009	20-Feb	12	86	49	
2010	3 des	113	106	109.5	109.5
2011	9 nop	72	81	76.5	76.5
2012	27 des	71	68	69.5	69.5
2012	16-Jan	59	70	64.5	
2013	23-Apr	80	90	85	85
2013	2 des	49	99	74	

Lanjutan Tabel 4.2

2014	19 des	105	134	119.5	119.5
2015	2-Mar	57	44	50.5	55
2015	5-Mar	49	61	55	

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan :

$\bar{R}$  : tinggi curah hujan rata- rata (mm)

$R_i$  : tinggi curah hujan pada stasiun hujan ke-I (mm)

$n$  : banyaknya data

Contoh perhitungan curah hujan maksimal :

Data curah hujan pada tahun 1996:

$R_{1\max}$  (Stasiun Larangan) di tahun 1996 = 85 mm, terjadi pada tanggal 16 November 1996. Maka di tanggal yang sama, nilai hujan tiap stasiun lain adalah:

$R_2$  (Stasiun Gubeng) = 64 mm

$R_{2\max}$  (Stasiun Gubeng) di tahun 1996 = 70 mm, terjadi pada tanggal 7 Februari 1996. Maka di tanggal yang sama, nilai hujan tiap stasiun lain adalah:

$R_1$  (Stasiun Larangan) = 20 mm

Curah hujan rata-rata DAS 16 November 1996:

$$\bar{R} = \frac{(85 \text{ mm} + 64 \text{ mm})}{2}$$

$$\bar{R} = 74.5 \text{ mm}$$

Curah hujan rata-rata DAS 7 November 1996:

$$\bar{R} = \frac{(70 \text{ mm} + 20 \text{ mm})}{2}$$

$$\bar{R} = 45 \text{ mm}$$

Dari perhitungan curah hujan wilayah diatas, maka untuk mengetahui curah hujan wilayah pada tahun 1996 adalah dipilih yang terbesar yaitu 74.5 mm. Curah hujan rata-rata kawasan tiap tahun bisa dilihat pada Tabel 4.2.

### 4.3. Perhitungan Parameter Dasar Statistik Data Hujan

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dilakukan uji parameter statistik terlebih dahulu terhadap data yang ada, sebab masing-masing distribusi (Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Log Pearson Type III) memiliki sifat-sifat khas, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistiknya. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat menyebabkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimate* maupun *under estimate* yang keduanya tidak diinginkan. Adapun sifat-sifat parameter statistik dari masing-masing distribusi teoritis tersebut bisa dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

**Tabel 4.3.** Parameter Dasar Statistik Data Hujan

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$C_s \approx 0, C_k = 3$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396, C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s = 0,2, C_k = 3,05$

Sumber : (Bambang, 2008)

1. Distribusi Normal mempunyai harga  $C_s = 0$  dan  $C_k = 3$ .
2. Distribusi Gumbel mempunyai harga  $C_s = 1,139$  dan  $C_k = 5,402$
3. Distribusi Log Pearson Type III mempunyai nilai  $C_s$  dan  $C_k$  selain dari parameter statistik untuk distribusi yang lain (normal dan gumbel)

(Bambang, 2008)

Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai-nilai sebagai berikut:

- $\bar{R}$  : nilai rata-rata hitung  
 $S_d$  : standart deviasi (*standart deviation*)  
 $C_v$  : koefisien variasi (*variation coefficient*)  
 $C_s$  : koefisien kemencengan (*skewness coefficient*)  
 $C_k$  : koefisien ketajaman (*kurtosis coefficient*)

Adapun perhitungan parameter dasar statistik data hujan seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.4

**Tabel 4.4.** Perhitungan Parameter Statistik Data

Tahun	CH. Rata-rata kawasan / DAS	$(R_i - \bar{R})$	$(R_i - \bar{R})^2$	$(R_i - \bar{R})^3$	$(R_i - \bar{R})^4$
1996	74.5	-14.35	205.92	-2954.99	42404.08
1997	126	37.15	1380.12	51271.55	1904738.12
1998	100	11.15	124.32	1386.20	15456.08
1999	101	412.15	147.62	1793.61	21792.40



Lanjutan Tabel 4.4

2000	97	8.15	66.42	541.34	4411.95
2001	92.5	3.65	13.32	48.63	177.49
2002	178.5	89.65	8037.12	720528.03	64595338.08
2003	52	-36.85	1357.92	-50039.44	1843953.52
2004	59.5	-29.35	861.42	-25282.75	742048.72
2005	73.5	-15.35	235.62	-3616.81	55517.96
2006	79	-9.85	97.02	-955.67	9413.37
2007	76	-12.85	165.12	-2121.82	27265.44
2008	88	-0.85	0.72	-0.61	0.52
2009	64.5	-24.35	592.92	-14437.66	351557.09
2010	109.5	20.65	426.42	8805.62	181836.15
2011	76.5	-12.35	152.52	-1883.65	23263.11
2012	69.5	-19.35	374.42	-7245.08	140192.21
2013	85	-3.85	14.82	-57.07	219.71
2014	119.5	30.65	939.42	28793.30	882514.63
2015	55	-33.85	1145.82	-38786.09	1312909.20
jumlah	1777		16339.05	665786.64	72155009.83
rata-rata	88.85		816.95	33289.33	3607750.49

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan parameter statistik untuk data tersebut diatas adalah sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{1777}{20} = 88.85$$

2. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{16339.05}{20-1}} = 29.32$$

3. Koefisien variasi

$$Cv = \frac{sd}{\bar{R}} = \frac{29.32}{88.85} = 0,33$$

4. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\sum(R-\bar{R})^3 n}{(n-1)(n-2)sd^3} = \frac{665786.64 \cdot 20}{(20-1)(20-2)29.32^3} = 1.54$$

5. Kefisien kurtosis

$$Ck = \frac{\sum(R-\bar{R})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)sd^4} = \frac{72155009.83 \cdot 20^2}{(20-1)(20-2)(20-3)29.32^4} = 6.71$$

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Pada Tabel 4.5 akan dipaparkan penentuan distribusi hujan berdasarkan syarat-syarat parameter statistik.

**Tabel 4.5** Penentuan Distribusi Curah Hujan

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	keterangan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	1.54 6.71	tidak diterima
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> +3Cv Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> +16Cv <sup>2</sup> +3	1.03 4.93	tidak diterima
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	1.54 6.71	tidak diterima
4	<i>Log Pearson III</i>	Cs > 0 Ck > 0		<b>Diterima</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Sesuai dengan hasil perhitungan awal parameter statistik di atas dengan persyaratan nilai Cs dan Ck > 0 maka metode distribusi yang sesuai adalah Metode *Log Pearson Type III*.

#### 4.4. Uji Distribusi Frekuensi

Dari perhitungan parameter dasar statistik, distribusi frekuensi yang sesuai adalah distribusi *Log Pearson Type III*. Dari

perhitungan ini akan dihasilkan hujan rencana pada periode yang telah ditentukan.

**Tabel 4.6.** Perhitungan Parameter Metode Distribusi Log Pearson Type III

tahun	CH. Rata-rata DAS	log Ri	$(\text{LogR} - \text{Log}\bar{R})$	$(\text{LogR} - \text{Log}\bar{R})^2$	$(\text{LogR} - \text{Log}\bar{R})^3$	$(\text{LogR} - \text{Log}\bar{R})^4$
1996	74.5	1.8722	-0.0570	0.0032	-0.0002	0.0000
1997	126	2.1004	0.1712	0.0293	0.0050	0.0009
1998	100	2.0000	0.0709	0.0050	0.0004	0.0000
1999	101	2.0043	0.0752	0.0057	0.0004	0.0000
2000	97	1.9868	0.0576	0.0033	0.0002	0.0000
2001	92.5	1.9661	0.0370	0.0014	0.0001	0.0000
2002	178.5	2.2516	0.3225	0.1040	0.0335	0.0108
2003	52	1.7160	-0.2131	0.0454	-0.0097	0.0021
2004	59.5	1.7745	-0.1546	0.0239	-0.0037	0.0006
2005	73.5	1.8663	-0.0629	0.0040	-0.0002	0.0000
2006	79	1.8976	-0.0315	0.0010	0.0000	0.0000
2007	76	1.8808	-0.0483	0.0023	-0.0001	0.0000
2008	88	1.9445	0.0153	0.0002	0.0000	0.0000
2009	64.5	1.8096	-0.1196	0.0143	-0.0017	0.0002
2010	109.5	2.0394	0.1103	0.0122	0.0013	0.0001
2011	76.5	1.8837	-0.0455	0.0021	-0.0001	0.0000
2012	69.5	1.8420	-0.0872	0.0076	-0.0007	0.0001
2013	85	1.9294	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
2014	119.5	2.0774	0.1482	0.0220	0.0033	0.0005
2015	55	1.7404	-0.1888	0.0356	-0.0067	0.0013
jumlah rata-rata	1777	38.5829	0.0000	0.3225	0.0210	0.0166
	88.85	1.9291	0.0000	0.0161	0.0011	0.0008

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Perhitungan Metode Distribusi Log Pearson type III data di atas adalah :

1. Nilai rata-rata

$$\overline{\text{Log}R} = \frac{\sum \text{Log} R}{n} = \frac{38.58}{20} = 1,9291$$

2. Standar Deviasi

$$\overline{\text{SdLog}R} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}R - \overline{\text{Log}R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,3225}{19}} = 0,1302$$

3. Koefisien variasi

$$Cv = \frac{\overline{\text{SdLog}R}}{\overline{\text{Log}R}} = \frac{0,1302}{1,9291} = 0,0674$$

4. Koefisien skewness

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log}R - \overline{\text{Log}R})^3 \cdot n}{(n-1)(n-2)(\overline{\text{SdLog}R})^3} = \frac{0.0210.20}{(20-1)(20-2)(0,130)^3}$$

$$Cs = 0.5561$$

Perhitungan curah hujan dengan periode ulang tertentu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Log}R = \overline{\text{Log}R} + k \cdot \overline{\text{SdLog}R}$$

Faktor frekuensi untuk distribusi Log Pearson Type III (k) didapat dari Tabel 2.5 (Nilai k Distribusi Log Pearson Type III), yang digunakan berdasar koefisien kemencengan (Cs) terhadap peluang interval pada masing-masing grup.

5. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Berdasarkan nilai  $Cs = 0,5561$ , maka dapat ditentukan nilai k untuk setiap periode ulang (Tabel 2.5), sehingga untuk periode ulang

- a. Untuk 2 tahun

$$k = 0.0990$$

$$\text{Log}R = \overline{\text{Log}R} + k \cdot \overline{\text{SdLog}R}$$

$$\text{Log}R = 1,9291 + 0.0990 \times 0,1302 = 1,9420$$

$$R_2 = 87,5071 \text{ mm}$$

- b. Untuk 5 tahun

$$k = 0.8000$$

$$\text{Log} R = \overline{\text{Log} \bar{R}} + k \cdot \overline{\text{SdLog} \bar{R}}$$

$$\text{Log} R = 1,9291 + 0,8000 \times 0,1302 = 2,0334$$

$$R_5 = 107,9878 \text{ mm}$$

c. Untuk 10 tahun

$$k = 1,3280$$

$$\text{Log} R = \overline{\text{Log} \bar{R}} + k \cdot \overline{\text{SdLog} \bar{R}}$$

$$\text{Log} R = 1,9290 + 1,3280 \times 0,1302 = 2,1022$$

$$R_{10} = 126,5220 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas nilai k, Log R dan R untuk distribusi Log Pearson Type III disajikan pada Tabel 4.7 di bawah ini :

**Tabel 4.7.** Hasil Perhitungan nilai k, Log  $\bar{R}$ , dan R Distribusi Log Pearson Type III

T	Peluang	SLogR	Log $\bar{R}$	k	Log R	R
2	50			0.0990	1.9420	87.5071
5	20	0.1302	1.9291	0.8000	2.0334	107.9878
10	10			1.3280	2.1022	126.5220

Sumber : Hasil Perhitungan

## 4.5. Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov* ( Bambang Triatmojo, 2010)

### 4.5.1 Uji Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Perhitungan Chi Kuadrat untuk Log Pearson III:

$$\text{Banyaknya data (n)} = 20$$

$$\text{Derajat signifikan } (\alpha) = 5\%$$

$$\text{Jumlah kelas/Sub Kelompok (G)} = 1 + 3,322 \text{ Log } n$$

$$= 1 + 3,322 \log 20$$

$$= 5,32 \sim 5$$

Derajat Kebebasan (DK)

$$= G - (P + 1)$$

$$= 5 - (2 + 1) = 2$$

**Tabel 4.8** Rangkang Data untuk Perhitungan Chi-Kuadrat untuk  
*Log Pearson Type III*

Tahun	Data CH	Peringkat	Peluang	Log (R - $\bar{R}$ )	Log (R - $\bar{R}$ ) <sup>2</sup>
	Log Ri	M	P = m/(n+1)		
2002	2.252	1	4.76	0.322	0.104
1997	2.100	2	9.52	0.171	0.029
2014	2.077	3	14.29	0.148	0.022
2010	2.039	4	19.05	0.110	0.012
1999	2.004	5	23.81	0.075	0.006
1998	2.000	6	28.57	0.071	0.005
2000	1.987	7	33.33	0.058	0.003
2001	1.966	8	38.10	0.037	0.001
2008	1.944	9	42.86	0.015	0.000
2013	1.929	10	47.62	0.000	0.000
2006	1.898	11	52.38	-0.032	0.001
2011	1.884	12	57.14	-0.045	0.002
2007	1.881	13	61.90	-0.048	0.002
1996	1.872	14	66.67	-0.057	0.003
2005	1.866	15	71.43	-0.063	0.004
2012	1.842	16	76.19	-0.087	0.008
2009	1.810	17	80.95	-0.120	0.014
2004	1.775	18	85.71	-0.155	0.024
2015	1.740	19	90.48	-0.189	0.036
2003	1.716	20	95.24	-0.213	0.045
jumlah	38.583			0.000	0.323
rata-rata	1.929			0.000	0.016

*Sumber : Hasil Perhitungan*

1. Menentukan nilai batas sub kelompok

Dari perhitungan diatas didapatkan ada 5 sub kelompok. Dari 5 sub kelompok tersebut ditentukan nilai batas tiap kelompok. Perhitungan nilai batas sub kelompok menggunakan rumus:

$$\text{Log } X = \bar{X} + k.S$$

Nilai k didapat dari tabel variabel reduksi *Gauss*.

**Tabel 4.9** Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

Periode Ulang T (tahun)	Peluang (P)	k
1	1	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,2	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

*Sumber : Soewarno, 1995.*

a. Untuk  $P = 20\% \rightarrow k = 0.84$

$$\log x_i = \bar{X} + k.S$$

$$\text{Log } x_i = 2.04$$

b. Untuk  $P = 40\% \rightarrow k = 0.25$

$$\log x_i = \bar{X} + k.S$$

$$\log x_i = 1.96$$

c. Untuk  $P = 60\% \rightarrow k = -0.25$

$$\log x_i = \bar{X} + k.S$$

$$\log x_i = 1.90$$

d. Untuk  $P = 80\% \rightarrow k = -0.84$

$$\log x_i = \bar{X} + k.S$$

$$\log x_i = 1.82$$

Dari perhitungan diatas, batas sub kelompok bisa di tabelkan seperti Tabel 4.10 di bawah ini

**Tabel 4.10** Nilai Batas Tiap Kelompok

Kelompok	Nilai Batas	O <sub>i</sub>
I =	$X \leq 1,82$	4
II =	$1,82 < X \leq 1,90$	6
III =	$1,90 < X \leq 1,96$	2
IV =	$1,96 < X \leq 2,04$	5
V =	$X \leq 2,04$	3

*Sumber : Hasil Perhitungan*

**Tabel 4.10a** Jumlah Nilai Pengamatan sub kelompok

Tahun	Data CH	Peringkat	Peluang	O <sub>i</sub>
	X <sub>i</sub>	M	$P = m/(n+1)$	
2002	2.252	1	4.76	4
1997	2.100	2	9.52	
2014	2.077	3	14.29	
2010	2.039	4	19.05	



Lanjutan 4.10a

1999	2.004	5	23.81	6
1998	2.000	6	28.57	
2000	1.987	7	33.33	
2001	1.966	8	38.10	
2008	1.944	9	42.86	
2013	1.929	10	47.62	
2006	1.898	11	52.38	2
2011	1.884	12	57.14	
2007	1.881	13	61.90	5
1996	1.872	14	66.67	
2005	1.866	15	71.43	
2012	1.842	16	76.19	
2009	1.810	17	80.95	
2004	1.775	18	85.71	3
2015	1.740	19	90.48	
2003	1.716	20	95.24	

Sumber : Hasil Perhitungan

### 1. Menentukan Ei

Ei adalah frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya (Bambang Triatmodjo, 2010). Maka, untuk mencari Ei menggunakan rumus :

$$Ei = \frac{\text{jumlah data } (n)}{\text{jumlah kelas } (G)}$$

$$Ei = \frac{20}{5} = 4$$

### 2. Menentukan Chi-Kuadrat hitung (Xh<sup>2</sup>)

Rumus untuk menentukan Chi-Kuadrat adalah :

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan :

$O_i$  : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke  $i$

$E_i$  : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke  $i$

Contoh perhitungan :

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(4 - 4)^2}{4}$$

$$Xh^2 = 0$$

Untuk perhitungan chi-kuadrat hitung bisa dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Perhitungan Chi-Kuadrat

Kelas	Batas Kelas	Jumlah		$(O_i - E_i)^2$	$X^2$
		$O_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$	
1	$X \leq 1,82$	4	4.0	0.00	0.00
2	$1,82 < X \leq 1,90$	6	4.0	4.00	1.00
3	$1,90 < X \leq 1,96$	2	4.0	4.00	1.00
4	$1,96 < X \leq 2,04$	5	4.0	1.00	0.25
5	$X \geq 2,04$	3	4.0	1.00	0.25
total =		20	20	10	2.50

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Nilai Chi-Kuadrat hitung	= 2.50
Derajat Kebebasan (DK)	= 2
Derajat signifikan alpha	= 5%
Nilai Chi Teoritis	= 5,991

berdasarkan nilai kritis untuk uji Chi-Kuadrat pada Tabel 2.6. maka dengan  $\alpha = 5\%$  diperoleh nilai  $X^2 = 5,991$  dari perhitungan didapat:

$$X^2 > X_h^2 \rightarrow 5,991 > 2,50$$

Sehingga Metode Distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan.

#### 4.5.2 Uji Chi Smirnov Kolmogorov

Uji *Smirnov Kolmogorov* dilakukan dengan maksud untuk menyaring metode distribusi yang lolos dari uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode Chi Kuadrat. Prosedur perhitungan uji Smornov-Kolmogorov dapat dilihat pada BAB II.

Perhitungan uji *Smirnov-Kolmogorov* bisa dilihat pada Tabel 4.12.

Dari Tabel 4.12 di atas didapatkan:

D maksimum = 0.04 data pada peringkat (m) ke-1

Derajat kepercayaan = 5%

banyaknya data = 20

maka diperoleh nilai  $D_o = 0,29$  (sesuai pada Tabel 2.7).

Syarat :  $D_{max} < D_o$  ,  $0,040 < 0,29$ , maka persamaan distribusi

Log Pearson Tipe III **dapat diterima.**

Kesimpulan yang didapat dari perhitungan uji distribusi frekuensi diatas, bahwa jenis distribusi yang dapat digunakan untuk perhitungan hujan rencana adalah distribusi Log Pearson tipe III, jadi curah hujan yang digunakan adalah:

1. Periode ulang 2 th dengan curah hujan = 87,50 mm
2. Periode ulang 5 th dengan curah hujan = 107,98 mm
3. Periode ulang 10 th dengan curah hujan = 126,52 mm

#### 4.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dengan menggunakan metode rasional perhitungan debit

banjir rencana dari data yang telah diperoleh diatas maka dapat dihitung debit banjir rencananya dengan rumus

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Keterangan :

Q :Debit puncak ( m<sup>3</sup>/det )

I : Intensitas hujan ( mm/jam )

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

A : Luas daerah tangkapan ( km<sup>2</sup> ) (hal 19)

C : Koefisien lahan (Tabel 2.8)

#### 4.6.1 Perhitungan Analisa Waktu Konsentrasi Hujan (tc)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir ke saluran (sungai) dari titik terjauh suatu DAS/Sub DAS. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$t_c = t_0 + t_f.$$

Keterangan :

$t_c$  : Waktu konsentrasi hujan

$t_0$  :Waktu yang diperlukan air untuk mengalir diatas permukaan tanah

$t_f$  : Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran

##### 1. Perhitungan $t_0$

Contoh perhitungan nilai  $t_0$  untuk Saluran Bronggalan 2 pada Sub DAS Kenjeran-Bronggalan

**Tabel 4.12** Perhitungan *Smirnov-Kolmogorov* untuk *Log Pearson Tipe III*

Tahun	Data CH	Peringkat	Peluang	$P(x<)-P(x)$	$f(t)=(x_i-x)/s$	$p'(x)$	$p'(x<)$	D
	$X_i$	M	$P = m/(n+1)$					
2002	2.252	1	0.05	0.95	2.48	0.0068	0.9932	0.04
1997	2.100	2	0.10	0.90	1.31	0.0951	0.9049	0.00
2014	2.077	3	0.14	0.86	1.14	0.1271	0.8729	0.02
2010	2.039	4	0.19	0.81	0.85	0.1977	0.8023	-0.01
1999	2.004	5	0.24	0.76	0.58	0.2810	0.7190	-0.04
1998	2.000	6	0.29	0.71	0.54	0.2946	0.7054	-0.01
2000	1.987	7	0.33	0.67	0.44	0.3300	0.6700	0.00
2001	1.966	8	0.38	0.62	0.28	0.3897	0.6103	-0.01
2008	1.944	9	0.43	0.57	0.12	0.4522	0.5478	-0.02
2013	1.929	10	0.48	0.52	0.00	0.5000	0.5000	-0.02
2006	1.898	11	0.52	0.48	-0.24	0.5948	0.4052	-0.07
2011	1.884	12	0.57	0.43	-0.35	0.6368	0.3632	-0.07
2007	1.881	13	0.62	0.38	-0.37	0.6443	0.3557	-0.03
1996	1.872	14	0.67	0.33	-0.44	0.6700	0.3300	0.00
2005	1.866	15	0.71	0.29	-0.48	0.6844	0.3156	0.03

Lanjutan Tabel 4.12

2012	1.842	16	0.76	0.24	-0.67	0.7846	0.2154	-0.02
2009	1.810	17	0.81	0.19	-0.92	0.8212	0.1788	-0.01
2004	1.775	18	0.86	0.14	-1.19	0.8830	0.1170	-0.03
2015	1.740	19	0.90	0.10	-1.45	0.9265	0.0735	-0.02
2003	1.716	20	0.95	0.05	-1.64	0.9495	0.0505	0.00
jumlah	38.583						Dmax	0.04
rata-rata	1.929							

*Sumber : Hasil Perhitungan*

$n_d = 0,02$  ( lihat pada tabel 4.13)

Kemiringan Lahan = 0,00080 (data lapangan)

Panjang lahan = 240.59 m (data lapangan)

$$\begin{aligned}
 t_0 &= 1,44 \left( \frac{nd \times L_0}{S_0^2} \right)^{0,467} \\
 &= 1,44 \left( \frac{0,02 \times 240.59}{0,0008^2} \right)^{0,467} \\
 &= 0.10 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$t_0$  : Waktu air mengalir pada lahan sampai ke saluran drainase (Jam)

$L_0$  : Jarak titik terjauh lahan terhadap saluran drainase (m)

$S_0$  : Kemiringan medan rata-rata saluran yang di tinjau

Untuk Tabel  $n_d$  dapat dilihat pada tabel 4.13

**Tabel 4.13** Harga koefisien hambatan,  $n_d$

Jenis Permukaan	$n_d$
Permukaan impervious dan licin	0.02
Tanah padat terbuka dan licin	0.10
Permukaan sedikit berumpur, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka kekasaran sedang	0.20
Padang rumput	0.40
Lahan dengan pohon-pohon musim gugur	0.60
Lahan dengan pohon-pohon berdaun, hutan lebat, lahan berumput tebal	0.80

*Sumber: Sofia F. Dan Sofyan R, 2006*

Selanjutnya perhitungan  $t_0$  dapat dilihat pada tabel 4.15

## 2. Pehitungan $t_f$

Contoh perhitungan nilai  $t_f$  pada Sub DAS Kenjeran Bronggalan

$$t_f = \frac{L}{V}$$

$$t_f = \frac{1685 \text{ m}}{0.9 \text{ m/detik}}$$

$$t_f = 0.52 \text{ jam}$$

keterangan :

$L$  = Panjang Saluran yang ditinjau (m)

$V$  = Kecepatan Aliran (m/detik)

$t_f$  = Lama Aliran dalam saluran (jam)

Selanjutnya perhitungan  $t_f$  dapat dilihat pada tabel 4.14

**Tabel 4.14** Perhitungan  $t_f$  Ruas Saluran

Lokasi		Saluran		kemiringan saluran	kecepatan	$t_f$
Ruas saluran	Nama Ruas Saluran Drainase	Bentuk Saluran	panjang saluran			
			(m)		v (m/s)	
0-1	Kenjeran - Bronggalan	Persegi	1685	0.0002	0.90	0.52
2-1	Kenjeran - Karang Empat	Persegi	1495	0.0005	1.00	0.42
1-3	Kenjeran - Kalijudan	Trapesium	1828	0.0005	0.90	0.56
4-5	Kenjeran - Lebak Arum	Persegi	600	0.0002	0.89	0.19
6-5	Kenjeran - Kenjeran Utara	Persegi	1150	0.0007	0.92	0.35
5-3	Kenjeran - Kenjeran Selatan	Trapesium	960	0.0008	1.02	0.26
3-7	Kenjeran – Larangan	Trapesium	2473	0.0002	1.00	0.61

*Sumber : Hasil Perhitungan*



**Tabel 4.15** Perhitungan  $t_0$  Ruas Saluran

Lokasi			panjang lahan (Ln) m	Kemiringan lahan	koefisien hambat (nd)	To	
Ruas Saluran	Bentuk Saluran	Nama Ruas Saluran				menit	Jam
0-1	persegi	Kenjeran-Bronggalan	240.59	0.00080	0.02	6.21	0.10
2-1	persegi	Kenjeran-Karang Empat	312.36	0.00021	0.02	15.62	0.26
1-3	Trapeسيوم	Kenjeran-Kalijudan	210.88	0.00003	0.02	28.94	0.48
4-5	persegi	Kenjeran-Lebak Arum	225.60	0.00060	0.02	6.70	0.11
6-5	persegi	Kenjeran-Kenjeran Utara	315.50	0.00113	0.02	6.84	0.11

5-3	Trapesium	Kenjeran- Kenjeran Selatan	271.62	0.00019	0.02	14.34	0.24
-----	-----------	-------------------------------	--------	---------	------	-------	------

3-7	Trapesium	Kenjeran- Larangan	156.837	0.00013	0.02	9.92	0.17
-----	-----------	-----------------------	---------	---------	------	------	------

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### 3. Perhitungan $t_c$

Contoh perhitungan nilai  $t_c$  pada Sub DAS Kenjeran Bronggalan

$$t_c = t_0 + t_f$$

$$t_c = 0.10 \text{ jam} + 0.52 \text{ jam}$$

$$t_c = 0.62 \text{ jam}$$

Selanjutnya perhitungan  $t_c$  dapat dilihat pada tabel 4.16

**Tabel 4.16** Perhitungan  $t_c$

Lokasi		Saluran		$t_f$ (jam)	$t_0$ (jam)	$t_c$ (jam)
Ruas saluran	Nama Saluran Drainase	Bentuk Saluran	panjang saluran (m)			
0-1	Kenjeran - Bronggalan	Persegi	1685	0.52	0.10	0.62
2-1	Kenjeran - Karang Empat	Persegi	1495	0.42	0.26	0.68
1-3	Kenjeran - Kalijudan	Trapesium	1828	0.56	0.68	1.24
4-5	Kenjeran - Lebak Arum	Persegi	600	0.19	0.11	0.30
6-5	Kenjeran - Kenjeran Utara	Persegi	1150	0.35	0.11	0.46
5-3	Kenjeran - Kenjeran Selatan	Trapesium	960	0.26	0.46	0.72
3-7	Kenjeran - Larangan	Trapesium	2473	0.61	1.24	1.85

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.6.2 Perhitungan Intensitas Hujan

Besarnya intensitas hujan berbeda-beda. Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan Untuk menghitung intensitasn hujan dapat menggunakan rumus Dr.Mononobe, yaitu sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left( \frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Keterangan :

$I$  : Intesitas Hujan (mm/jam)

$R_{24}$  : Curah hujan harian rata – rata pada periode ulang tertentu (mm/hari)

$t_c$  : waktu konsentrasi ( jam )

Berikut Perhitungan Intesitas Hujan pada Sub DAS Kenjeran-Bronggalan untuk periode ulang 2 tahun

$$I = \frac{87.51 \text{ mm/jam}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{0,67 \text{ jam}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 41.56 \text{ mm/jam}$$

Selanjutnya perhitungan intensitas hujan untuk masing-masing hujan periode ulang dapat dilihat pada tabel 4.17

**Tabel 4.17** Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun

Lokasi		Saluran		tc	I (mm/jam)		
Ruas saluran	Nama Saluran Drainase	Bentuk Saluran	panjang saluran		$R_2$	$R_5$	$R_{10}$
			(m)				
0-1	Kenjeran - Bronggalan	Persegi	1685	0.62	41.56	51.29	60.09
2-1	Kenjeran - Karang Empat	Persegi	1495	0.68	39.40	48.62	56.97
1-3	Kenjeran - Kalijudan	Trapesium	1828	1.24	26.29	32.44	38.01
4-5	Kenjeran - Lebak Arum	Persegi	600	0.30	68.26	84.24	98.69
6-5	Kenjeran - Kenjeran Utara	Persegi	1150	0.46	50.76	62.64	73.39
5-3	Kenjeran - Kenjeran Selatan	Trapesium	960	0.72	37.67	46.48	54.46
3-7	Kenjeran - Larangan	Trapesium	2473	1.85	20.14	24.85	29.12

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### Contoh Perhitungan Debit Rencana

Berikut contoh perhitungan debit rasional pada Sub DAS Kenjeran-Bronggalan dengan Intensitas hujan periode ulang 2 tahun

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot I_{2th} \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot (0.75) \cdot (41.56) \cdot (0.27)$$

$$Q = 2.33 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Selanjutnya perhitungan debit rasional dapat dilihat pada tabel 4.18

**Tabel 4.18** Perhitungan Debit Banjir Rencana Periode Ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun

Ruas Saluran	Lokasi		C rata-rata	I			A	Q <sub>2</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>
	Nama Ruas Saluran	Panjang saluran		R <sub>2</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>				
				87.51	107.99	126.52	km²	(m3/s)		
0-1	Kenjeran - Bronggalan	1685	0.75	41.56	51.29	60.09	0.27	2.33	2.87	3.37
2-1	Kenjeran - Karang Empat	1495	0.75	39.40	48.62	56.97	0.46	3.80	4.68	5.49
1-3	Kenjeran - Kalijudan	1828	0.75	26.29	32.44	38.01	1.22	6.65	8.21	9.62
4-5	Kenjeran - Lebak Arum	600	0.75	68.26	84.24	98.69	0.25	2.85	3.51	4.12
6-5	Kenjeran - Kenjeran Utara	1150	0.75	50.76	62.64	73.39	0.15	1.52	1.88	2.20
5-3	Kenjeran - Kenjeran Selatan	960	0.75	37.67	46.48	54.46	0.52	4.63	5.71	6.69
3-7	Kenjeran - Larangan	2473	0.75	20.14	24.85	29.12	2.83	11.89	14.67	17.19

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.7 Perhitungan Analisa Hidrolika Untuk Evaluasi Drainase Saluran

Analisa hidrolika pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampung debit rencana, (dalam hal ini debit  $Q_2$  th,  $Q_5$  th, dan  $Q_{10}$  th). Perhitungannya adalah sebagai berikut

1. Untuk saluran berpenampang trapesium :

$$Q = A.V$$

$$A = (b + m \cdot h) h$$

$$P = (b + 2 h) \sqrt{1 + m^2}$$

keterangan :

$Q$  : debit saluran (m/detik)

$V$  : kecepatan aliran (m/detik)

$A$  : luas penampang basah (m)

$m$  : miring dinding saluran (talud), dinyatakan dalam 1:m.

$h$  : kedalaman saluran (m)

$b$  : lebar saluran (m)

$P$  : keliling penampang basah (m)

Dalam evaluasi, semua dimensi saluran existing, adalah tetap, sedangkan lebar saluran masih memungkinkan berubah (lebar saluran dihitung)

Contoh perhitungan Evaluasi ruas saluran Kenjeran-Larangan (penampang trapesium) dengan debit periode ulang 5 tahun ( $Q_5$ )

$$Q = 14.67 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$h = 1.3 \text{ m}$$

$$m = 0.50$$

$$n = 0.025 \text{ (pasangan batu)}$$

$$I = 0.0002$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q = (b + m \cdot h)h \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{(b+m \cdot h)h}{(b+2h)\sqrt{(1+m^2)}} I^{1/2}$$

$$14.67 = (b + 0.5 \cdot 1.3)1.3 \cdot \frac{1}{0.025} \cdot \frac{(b+0.5 \cdot 1.3)1.3}{(b+2 \cdot 1.3)\sqrt{(1+0.5^2)}} 0.0002^{1/2}$$

$$b = 6.50 \text{ m} > \text{atau } b \text{ existing (aman)}$$

Adapun yang berpenampang trapesium adalah

1. Ruas saluran Kenjeran-Kalijudan
  2. Ruas saluran Kenjeran-Kenjeran Selatan
  3. Ruas saluran Kenjeran-Larangan
2. Untuk saluran berpenampang segi empat :

$$Q = A \cdot v$$

$$A = b \cdot h$$

$$P = (b+2h)$$

keterangan :

Q : debit saluran (m/detik)

V : kecepatan aliran (m/detik)

A : luas penampang basah (m)

h : kedalaman saluran (m)

b : lebar saluran (m)

P : keliling penampang basah (m)

Contoh perhitungan Evaluasi ruas saluran Kenjeran-Bronggalan (penampang segi empat) dengan debit periode ulang 2 tahun ( $Q_2$ )



$$\begin{aligned}
 Q &= 2.33 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 h &= 0.97 \text{ m} \\
 n &= 0.013 \text{ (beton)}
 \end{aligned}$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q = (b \cdot h) \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{(b \cdot h)}{(b+2h)} I^{1/2}$$

$$2.33 = (b \cdot 0.97) \cdot \frac{1}{0.013} \cdot \frac{(b \cdot 0.97)}{(b+2 \cdot 0.97)} 0.0002^{1/2}$$

$$b = 1.80 \text{ m} > \text{atau } b \text{ existing (meluber)}$$

Selanjutnya hasil perhitungan dimensi saluran dengan berbagai debit rencana periode ulang (Q2, Q5 dan Q10) dapat dilihat pada Tabel 4.19

**Tabel 4.19** Evaluasi Dimensi Sistem Drainase Kenjeran

No Ruas	Ruas Saluran		Dimensi Saluran existing					Evaluasi Lebar Saluran dengan Debit Periode Ulang								
	Nama Ruas	Bentuk Penampang	H (m)	w (m)	i	n	b (m)	Q2 (m/dt)	b2 (m)	Evaluasi	Q5 (m/dt)	b5 (m)	Evaluasi	Q10 (m/dt)	b10 (m)	Evaluasi
0-1	Kenjeran - Bronggalan	Persegi	0.97	0.3	0.0002	0.013	1.30	2.33	1.80	meluber	2.87	2.20	meluber	3.37	2.75	meluber
2-1	Kenjeran - Karang Empat	Persegi	0.8	0.3	0.0005	0.013	1.30	3.80	1.80	meluber	4.68	2.30	meluber	5.49	3.00	meluber
1-3	Kenjeran - Kalijudan	Trapesium	1.23	0.4	0.0005	0.025	3.50	6.65	3.50	aman	8.21	4.00	meluber	9.62	4.70	meluber
4-5	Kenjeran - Lebak Arum	Persegi	0.8	0.3	0.0002	0.013	3.00	2.85	3.00	aman	3.51	3.00	aman	4.12	3.55	meluber
6-5	Kenjeran - Kenjeran Utara	Persegi	1	0.3	0.0007	0.013	5.40	1.52	5.40	aman	1.88	5.40	aman	2.20	5.40	aman
5-3	Kenjeran - Kenjeran Selatan	Trapesium	1.3	0.6	0.0008	0.025	6.85	4.63	6.85	aman	5.71	6.85	aman	6.69	6.90	meluber
3-7	Kenjeran - Larangan	Trapesium	1.3	0.6	0.0002	0.025	7.30	11.89	7.30	aman	14.67	7.30	aman	17.19	7.65	meluber

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.8 Operasional Pompa Dan Pintu Pembuang Serta Saluran Tampung

Data di lapangan menunjukkan sebagai berikut :

1. Data pasang :  
 Terendah = +0.00 (dasar laut di belakang pintu)  
 Tertinggi = +1.30 (diatas dasar laut di belakang pintu)
2. Data pompa pembuang  
 Jumlah pompa = 3 buah  
 Kapasitas = 2 m<sup>3</sup>/det (1 pompa)
3. Pintu pembuang  
 Jumlah pintu = 3 buah  
 Lubang bukaan = lebar b = 1.50 m  
 Tinggi t = 2.00 m (bukaan max 1.30 m)
4. Saluran pembuang akhir (saluran Kenjeran-Larangan)  
 L = 2473 m  
 Bentuk trapesium b = 7.30 m (existing)  
 h = 1.30 m (existing)  
 w = 0.60 m (existing)  
 Konversi segiempat b = 8.00 m  
 h = 1.30 m  
 w = 0.60 m
5. Operasional pompa, pintu pembuang, dalam kondisi :
  - a. Air laut kondisi surut (elevasi 0.00)
  - b. Air laut kondisi pasang rata-rata (+0.50)
  - c. Air laut kondisi pasang tertinggi (+1.30)

##### 4.8.1 Operasional Pompa dan Pintu Pembuang kondisi air surut dengan $Q_{10\text{ th}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ (Q saluran Kenjeran-Larangan), dan elevasi hilir pintu = + 0.00

a.  $Q_{\text{inflow}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$  ( $Q_{10} \text{ th}$ )

$Q_{\text{outflow pompa}} = 3 \times (2 \text{ m}^3/\text{det}) = 6 \text{ m}^3/\text{det}$  ( $Q_{10} \text{ th}$ )

$Q_{\text{outflow pintu}}$ , dibuka setinggi 1.30 m (setinggi air di saluran)

$$Q = A \cdot v$$

$$= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gh}$$

$$= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1.30}$$

$$= 8.37 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk 2 pintu  $= 2 \times 8.37 = 16.74 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10} \text{ th}$

Untuk 3 pintu  $= 3 \times 8.37 = 25.11 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{10} \text{ th}$

Dari uraian diatas, didapat bahwa dengan operasional 3 pintu saja debit banjir bisa terbuang. Selanjutnya, dengan operasional kombinasi pompa dengan pintu banjir bisa diatasi (3 pompa dengan 2 pintu)  $= 6 + 16.74 = 22.74 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{10} \text{ th}$ . Dengan demikian pada kondisi debit inflow ( $Q_{10} \text{ th}$ ), dengan pengoperasian 3 pintu ( $25.11 \text{ m}^3/\text{det}$ ) atau kombinasi 2 pintu dan 3 pompa ( $22.74 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{10} \text{ th}$ ) sudah bisa membuang banjir, atau bisa dengan kombinasi lainnya.

b. Operasional pompa dan pintu bila yang datang  $Q_5 \text{ th} = 14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ , elevasi +0.00 belakang pintu.

1. Dengan operasi 2 pintu saja ( $16.74 \text{ m}^3/\text{det}$ ) bisa membuang debit banjir ( $14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ ), apalagi 3 pintu ( $25.11 \text{ m}^3/\text{det}$ )

2. Dengan kombinasi 3 pompa dan 1 pintu ( $14.37 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir.

3. Selanjutnya bisa dilakukan dengan kombinasi lainnya.

c. Operasional pompa dan pintu bila yang datang  $Q_2 \text{ th} = 11.89 \text{ m}^3/\text{det}$  dan elevasi belakang pintu +0.00

1. Dengan operasional 2 pintu bisa ( $16.74 \text{ m}^3/\text{det}$ ), banjir bisa dibuang.

2. Dengan operasional 3 pompa dan 1 pintu (14.37 m<sup>3</sup>/det) banjir bisa dibuang.
3. Selanjutnya bisa dilakukan dengan kombinasi lainnya.

**4.8.2 Operasional Pompa dan Pintu bila yang datang  $Q_{10}$  th = 17.19 m<sup>3</sup>/det, dan elevasi belakang pintu = + 1.30 (pasang maksimum)**

1. Q outflow 3 pompa = 6 m<sup>3</sup>/det  
Pintu tidak bisa dioperasikan h air = +1.30, h laut = +1.30
2. Q inflow = 17.19 m<sup>3</sup>/det ( $Q_{10}$  th)  
Q outflow = 6.00 m<sup>3</sup>/det  
Sisa/storage = 11.19 m<sup>3</sup>/det (harus ditampung di saluran tampung (*long storage*)  
Bila hujan 2 jam, volume saluram tampung = 11.19 m<sup>3</sup>/det x 2 x 60 x 60 = 80568 m<sup>3</sup>
3. Saluran penampungan, semua saluran dimulai dari paling hilir berturut-turut sampai ke hulu, akan menjadi saluran penampungan (*long storage*) kemampuan masing-masing saluran dalam menampung air saluran
  - a. Saluran Kenjeran-Larangan  
Volume = A x l (trapesium)  
= (7.30 + 0.50 (1.30 + 0.60)) 1.30 x 2473  
= 47645 m<sup>3</sup>
  - b. Saluran Kenjeran-Kenjeran Selatan  
Volume = A x l (trapesium)  
= (6.85 + 0.50 (1.30 + 0.60)) 1.30 x 960  
= 14227 m<sup>3</sup>
  - c. Saluran Kenjeran-Kalijudan  
Volume = A x l (trapesium)

$$= (3.50 + 0.50 (1.23+0.40)) 1.23 \times 1828$$

$$= 12857 \text{ m}^3$$

d. Saluran Kenjeran-Karang Empat

$$\text{Volume} = A \times l \text{ (persegi)}$$

$$= (1.30 \times (0.80 + 0.30)) 1495$$

$$= 2137 \text{ m}^3$$

e. Saluran Kenjeran-Bronggalan

$$\text{Volume} = A \times l \text{ (persegi)}$$

$$= (1.30 \times (0.97 + 0.30)) 1685$$

$$= 2781 \text{ m}^3$$

f. Saluran Kenjeran-Lebak Arum

$$\text{Volume} = A \times l \text{ (persegi)}$$

$$= (3 \times (0.80 + 0.30)) 600$$

$$= 1980 \text{ m}^3$$

g. Saluran Kenjeran-Kenjeran Utara

$$\text{Volume} = A \times l \text{ (persegi)}$$

$$= (5.40 \times (1+0.30)) 1250$$

$$= 8073 \text{ m}^3$$

Total (a+b+c+d+e+f+g) =  $89700 \text{ m}^3 > 80568 \text{ m}^3$  (banjir tertampung di sistem drainase Kenjeran)

**4.8.3 Operasional Pompa dan Pintu bila yang datang  $Q_{10 \text{ th}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ , dan elevasi belakang pintu = + 0.50 (pasang rata-rata)**

1.  $Q \text{ inflow} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det} (Q_{10 \text{ th}})$

$Q \text{ outflow 3 pompa} = 6.00 \text{ m}^3/\text{det}$

$Q \text{ outflow pintu, dibuka setinggi } 0.50 \text{ m}$

Dalam perhitungan bukaan pintu ditutup tiap penurunan  $0.20 \text{ m}$  (dianggap konstan).

- a. Kondisi  $h = 1.30$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz} \\ &= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (1.30 - 0.50)} \\ &= 1.93 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- b. Kondisi  $h = 1.10$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz} \\ &= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (1.10 - 0.50)} \\ &= 1.67 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- c. Kondisi  $h = 0.90$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz} \\ &= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (0.90 - 0.50)} \\ &= 1.36 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- d. Kondisi  $h = 0.70$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz} \\ &= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (0.70 - 0.50)} \\ &= 0.96 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- e. Kondisi  $h = 0.50$  ( $h$  air =  $h$  pasang) pintu harus ditutup, bisa dilakukan pemompaan atau dilakukan pembukaan pintu setelah muka air pasang, mulai atau sudah surut. Pada kondisi ini ( $h = 0.50$ ), maka air yang ditampung dalam *long storage* adalah  $(17.19 \text{ m}^3/\text{det} - a - b - c - d - 6) = 5.27 \text{ m}^3/\text{det}$  (harus ditampung di saluran tampung (*long storage*))

Bila hujan 2 jam, volume saluran tampung =  $5.27 \text{ m}^3/\text{det} \times 2 \times 60 \times 60 = 37944 \text{ m}^3$ . Saluran penampungan hanya paling hilir saja yang akan menjadi saluran penampungan (*long storage*)

Saluran Kenjeran-Larangan

Volume =  $A \times l$  (trapesium)

$$= (7.30 + 0.50 (1.30 + 0.60)) 1.30 \times 2473$$

$$= 47645 \text{ m}^3$$

Jadi volume yang ditampung  $47645 \text{ m}^3 > 37944 \text{ m}^3$

2.  $Q_{\text{inflow}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$  ( $Q_{10 \text{ th}}$ )

$Q_{\text{outflow pompa}} = 3 \times (2 \text{ m}^3/\text{det}) = 6 \text{ m}^3/\text{det}$  ( $Q_{10 \text{ th}}$ )

$Q_{\text{outflow pintu, dibuka setinggi } 0.50 \text{ m}}$

a. Kondisi  $h = 1.30$

$$Q = A.v$$

$$= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz}$$

$$= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (1.30 - 0.50)}$$

$$= 1.93 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk 2 pintu =  $2 \times 1.93 = 3.86 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}}$

Untuk 3 pintu =  $3 \times 1.93 = 5.79 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}}$

Dari uraian diatas, didapat bahwa dengan operasional 3 pintu saja debit banjir tidak bisa terbuang.

1. Dengan operasional kombinasi pompa dengan pintu banjir tidak bisa diatasi ( $3 \text{ pompa dengan } 3 \text{ pintu} = 6 + 5.79 = 11.79 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ , sisanya  $(17.19 - 11.79) \times 2 \times 60 \times 60 = 38880 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

b. Kondisi  $h = 1.10$

$$Q = A.v$$

$$= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz}$$

$$= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (1.10 - 0.50)}$$

$$= 1.67 \text{ m}^3/\text{det}$$



Untuk 2 pintu =  $2 \times 1.67 = 3.34 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}}$

Untuk 3 pintu =  $3 \times 1.67 = 5.02 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}}$

Dari uraian diatas, didapat bahwa dengan operasional 3 pintu saja debit banjir tidak bisa terbuang.

1. Dengan operasional kombinasi pompa dengan pintu banjir tidak bisa diatasi (3 pompa dengan 3 pintu) =  $6 + 5.02 = 11.02 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ , sisanya  $(17.19 - 11.02) \times 2 \times 60 \times 60 = 44424 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

c. Kondisi  $h = 0.90$

$$Q = A.v$$

$$= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz}$$

$$= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (0.90 - 0.50)}$$

$$= 1.36 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk 2 pintu =  $2 \times 1.36 = 2.73 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}}$

Untuk 3 pintu =  $3 \times 1.36 = 4.10 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}}$

Dari uraian diatas, didapat bahwa dengan operasional 3 pintu saja debit banjir tidak bisa terbuang.

1. Dengan operasional kombinasi pompa dengan pintu banjir tidak bisa diatasi (3 pompa dengan 3 pintu) =  $6 + 4.10 = 10.10 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10 \text{ th}} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ , sisanya  $(17.19 - 10.10) \times 2 \times 60 \times 60 = 51048 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran:

1. Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

2. Kenjeran-Kenjeran Selatan (kapasitas  $14227 \text{ m}^3$ )

d. Kondisi  $h = 0.70$

$$Q = A.v$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{bpt. tpt. } C \sqrt{2gz} \\
 &= 1.50 \cdot 1.30 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (0.70 - 0.50)} \\
 &= 0.96 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Untuk 2 pintu =  $2 \times 0.96 = 1.93 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10} \text{ th}$

Untuk 3 pintu =  $3 \times 0.96 = 2.89 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10} \text{ th}$

Dari uraian diatas, didapat bahwa dengan operasional 3 pintu saja debit banjir tidak bisa terbangun.

1. Dengan operasional kombinasi pompa dengan pintu banjir tidak bisa diatasi (3 pompa dengan 3 pintu) =  $6 + 2.89 = 8.89 \text{ m}^3/\text{det} < Q_{10} \text{ th} = 17.19 \text{ m}^3/\text{det}$ , sisanya  $(17.19 - 8.89) \times 2 \times 60 \times 60 = 59760 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran:
  1. Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )
  2. Kenjeran-Kenjeran Selatan (kapasitas  $14227 \text{ m}^3$ )
3. Operasional pompa dan pintu bila yang datang  $Q_5 \text{ th} = 14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ , elevasi  $+0.50$  belakang pintu.
  - a. Kondisi  $h = 1.30$ 

Dengan operasi 3 pintu saja ( $5.79 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

    1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $11.79 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir, sisanya  $(14.67 - 11.79) \times 2 \times 60 \times 60 = 20736 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )
  - b. Kondisi  $h = 1.10$ 

Dengan operasi 3 pintu saja ( $5.02 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $11.02 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir, sisanya  $(14.67 - 11.02) \times 2 \times 60 \times 60 = 26280 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

c. Kondisi  $h = 0.90$

Dengan operasi 3 pintu saja ( $4.10 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $10.10 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir, sisanya  $(14.67 - 10.10) \times 2 \times 60 \times 60 = 32904 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

d. Kondisi  $h = 0.70$

Dengan operasi 3 pintu saja ( $2.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $14.67 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $8.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir, sisanya  $(14.67 - 8.89) \times 2 \times 60 \times 60 = 41616 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

4. Operasional pompa dan pintu bila yang datang  $Q_2 \text{ th} = 11.89 \text{ m}^3/\text{det}$  dan elevasi belakang pintu  $+0.50$

a. Kondisi  $h = 1.30$

Dengan operasi 3 pintu saja ( $5.79 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $11.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $11.79 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir, sisanya  $(11.89 - 11.79) \times 2 \times 60 \times 60 = 720 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

b. Kondisi  $h = 1.10$ 

Dengan operasi 3 pintu saja ( $5.02 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $11.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $11.02 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir. sisanya  $(11.89 - 11.02) \times 2 \times 60 \times 60 = 6264 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

c. Kondisi  $h = 0.90$ 

Dengan operasi 3 pintu saja ( $4.10 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $11.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $10.10 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir. sisanya  $(11.89 - 10.10) \times 2 \times 60 \times 60 = 12888 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

d. Kondisi  $h = 0.70$ 

Dengan operasi 3 pintu saja ( $2.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa membuang debit banjir ( $11.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ),

1. Dengan kombinasi 3 pompa dan 3 pintu ( $8.89 \text{ m}^3/\text{det}$ ) belum bisa mengatasi banjir. sisanya  $(11.89 - 8.89) \times 2 \times 60 \times 60 = 21600 \text{ m}^3$ , ditampung di saluran paling hilir Kenjeran-Larangan (kapasitas  $47645 \text{ m}^3$ )

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari uraian sebelumnya, Bab I, II, III, dan IV ada beberapa kesimpulan yang bisa diambil, seperti dalam uraian berikut:

1. Sistem drainase Kenjeran dengan debit periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, dan 10 tahunan, menunjukkan ketidakmampuan menampung debit banjir, sehingga sebagian dari ruas saluran ada yang meluber.
2. Dalam mengatasi atau mengalirkan banjir ke laut dengan kondisi elevasi pasang surut yang berbeda (pasang maksimum +1.30, pasang minimal +0.00, dan pasang rata-rata +0.50) menunjukkan kondisi yang berbeda, (untuk  $Q_{10}$  th,  $Q_5$  th, dan  $Q_2$  th) dengan rincian seperti dalam uraian berikut:
  - a. Bila elevasi pasang maksimal (+1.30), pompa operasikan semua (3 buah), (3 buah pintu ditutup) dan seluruh sistem Kenjeran menjadi *long storage* (tampungan saluran) selama waktu hujan (2 jam).
  - b. Untuk elevasi pasang surut minimal (+0.00) dengan pengoperasian 3 pintu atau 3 pompa atau kombinasi diantara pengoperasian pintu dan pompa dengan jumlah yang bervariasi, banjir bisa dibuang ke laut, tanpa adanya tampungan banjir di saluran (*long storage*).

- c. Untuk elevasi pasang surut rata-rata (+0.50), perlu adanya pengoperasian 3 pintu atau 3 pompa, dengan kombinasi diantara keduanya, dan adanya pengoperasian tampungan banjir sebagian atau seluruh saluran, dalam sistem dimensi saluran Kenjeran.

## **5.2 Rekomendasi**

1. Untuk mencegah luberan banjir, maka dimensi lebar saluran perlu dilebarkan atau redesain dimensi saluran.
2. Untuk mengurangi lamanya banjir tertahan di sistem saluran drainase, diperlukan penambahan jumlah pintu pembuang dan atau penambahan jumlah dan kapasitas pompa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cow, Ven Te. 1989. **Hidrologi Saluran – Terbuka**. Jakarta : Erlangga.
- SDMP ( *Surabaya Drainage Master Plan 2018* ).
- Soewarno. 1995. **Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1**. Bandung: NOVA.
- Soewarno. 1995. **Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2**. Bandung: NOVA.
- Suripin. 2003. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Semarang. Megister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Triatmodjo, Bambang. 1996. **Hidrolika I**. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 1996. **Hidrolika II**. Beta Offset, Yogyakarta.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan “*



## PENULIS



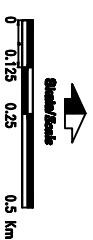
### **ARMITA TRI RAHAYU**

Penulis bernama Armita Tri Rahayu. Lahir di Surabaya, 4 Juni 1993, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal, yaitu : TK Dharma Wanita Berbek (1997-1999), SDN Berbek No.492 Waru-Sidoarjo (1999-2005), SMPN 2 Waru (2005-2008), SMAN 17 Surabaya (2008-2011) dan DIII Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya (2011-2014) .

Penulis mengikuti ujian masuk Lintas Jalur ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS Surabaya pada tahun 2015, terdaftar dengan NRP 3114.106.048. Dan di Jurusan Teknik Sipil Ini Penulis mengambil Tugas Akhir konsentrasi Bangunan Air (Hydraulic Engineering).

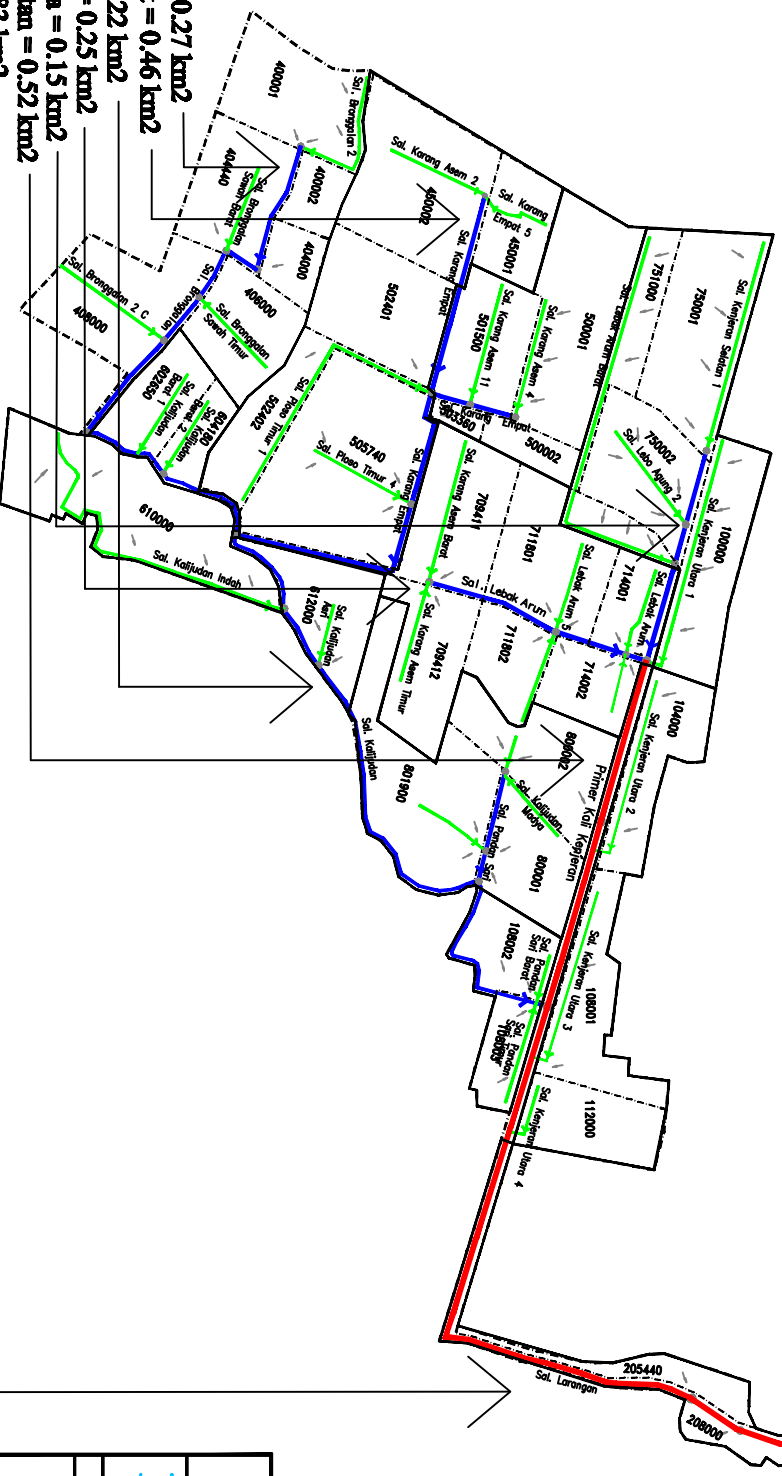
Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, penulis menerima *kritik dan saran* yang membangun.

Email : [armita.tri93@gmail.com](mailto:armita.tri93@gmail.com)



1

Selat Maturna





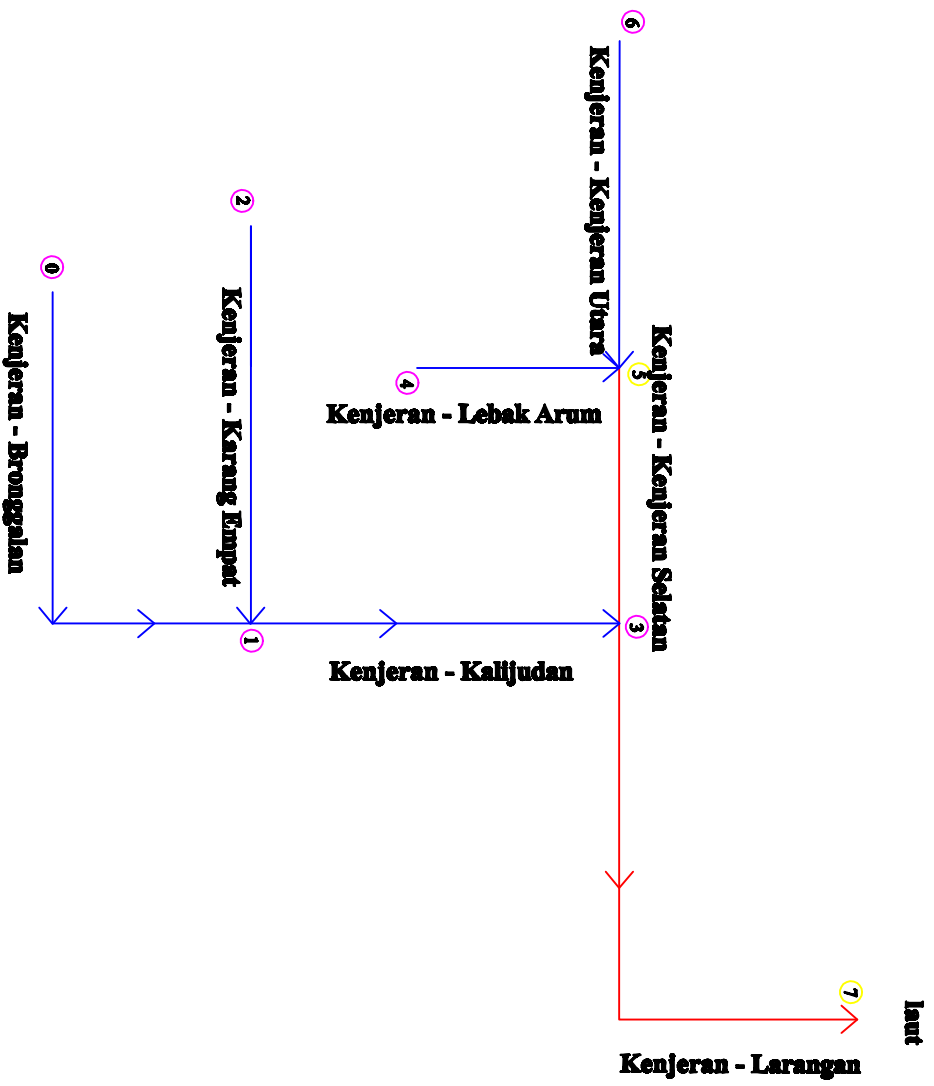
3

Sub DAS :  
 Kenjeran-Bronggalan = 0.27 km<sup>2</sup>  
 Kenjeran-Karang Empat = 0.46 km<sup>2</sup>  
 Kenjeran-Kalijudan = 1.22 km<sup>2</sup>  
 Kenjeran-Labak Arum = 0.25 km<sup>2</sup>  
 Kenjeran-Kenjeran Utara = 0.15 km<sup>2</sup>  
 Kenjeran-Kenjeran Selatan = 0.52 km<sup>2</sup>  
 Kenjeran-Larangan = 2.83 km<sup>2</sup>

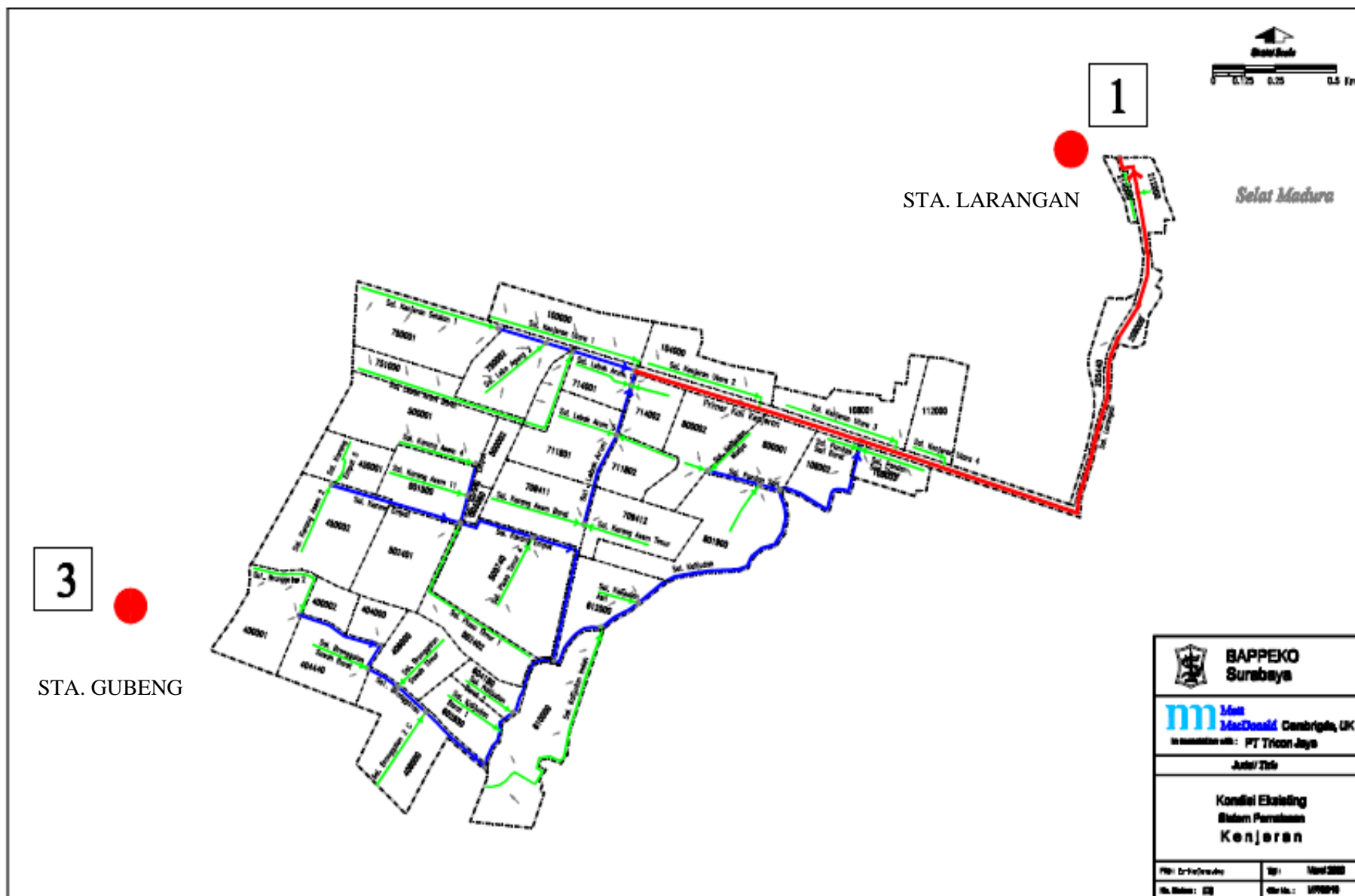
Gambar 1.1 Lokasi Studi Sistem Drainase Kenjeran

5

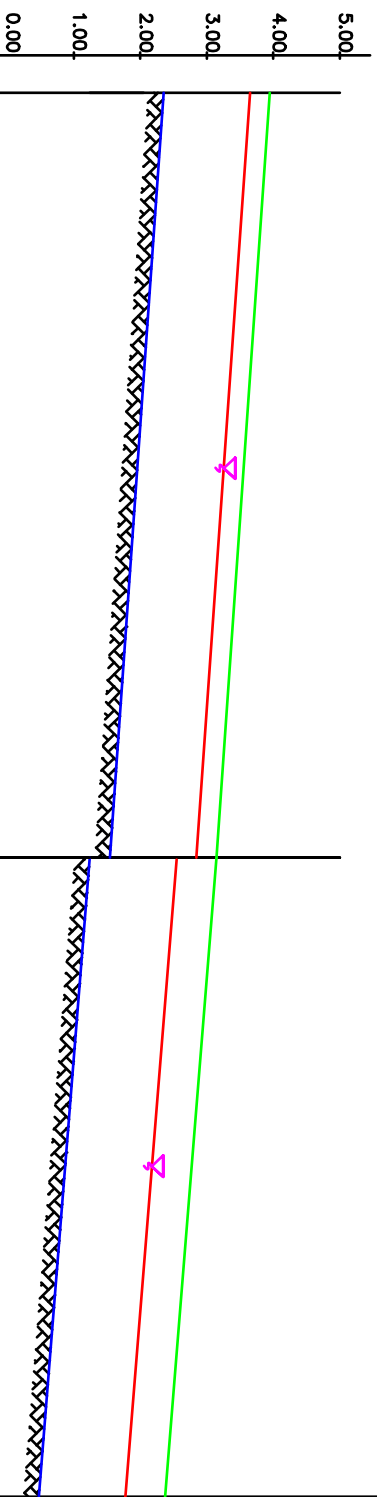
 <p><b>BAPPEKO</b> Surabaya</p>	 <p><b>Macdonald Cambridge, UK</b> In association with: PT Tichon Jaya</p>
<p>Kontribusi Erosi Sistem Pemukiman Kenjeran</p>	<p>File: Dr-Kenjeran.dwg No. Revisi: 03 Tgl: Maret 2003 Desain: M. Hidayat</p>



Gambar 1.2 Skema Jaringan Sistem Drainase Kenjeran



Gambar 4.1 Letak Stasiun Hujan



EXISTING			
NAMA PATOK	6+5	6+3	3+7
JARAK PATOK (m)	1160		800
JARAK KOMULATIF	1160		2110
EV. TANGGUL	3,949	3,144	2,376
EV. MUKA AIR	3,649	2,844	1,778
EV. DSR. SALURAN	2,35	1,545	0,476

## Long section

skala vertikal 1 : 100

skala horizontal 1 : 1000



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

NAMA GAMBAR

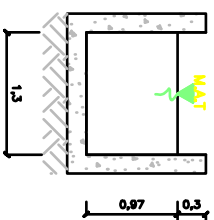
NO.

SKALA

Long section

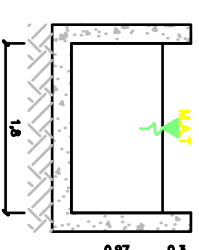
1

DI GAMBAR	DI PERIKSA	KETERANGAN
ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	Prof. Dr. Ir. Nadjaji Anwar, MSc Ir. Bahmid Tohari, M.Eng	



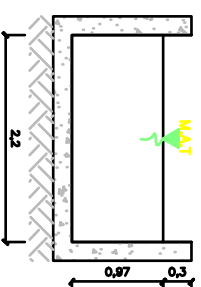
**Kerjeren-Bronggalan (Q Elastis)**

**Skala 1:100**



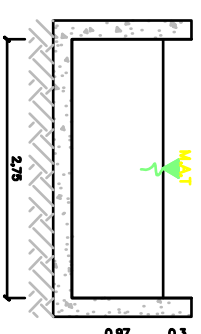
**Kerjeren-Bronggalan (Q 2th)**

**Skala 1:100**



**Kerjeren-Bronggalan (Q 5th)**

**Skala 1:100**



**Kerjeren-Bronggalan (Q 10th)**

**Skala 1:100**



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

**Cross Section**

**2**

NAMA GAMBAR

NO.

SKALA

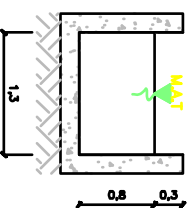
DI GAMBAR

DI PERIKSA

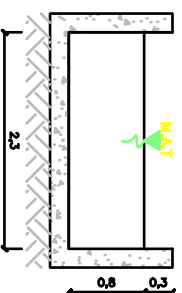
KETERANGAN

ARMITA TRI RAHAYU  
3114106048

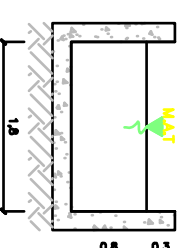
Prof. Dr. Ir. Nurdjati  
Anwar, MSc  
Ir. Benamid Tohary, M.Eng



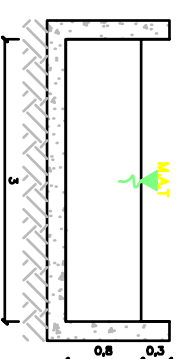
**Kerangka-Kerang Bmpet (Q Eksisting)**  
**Skala 1:100**



**Kerangka-Kerang Bmpet (Q 5th)**  
**Skala 1:100**



**Kerangka-Kerang Bmpet (Q 2th)**  
**Skala 1:100**



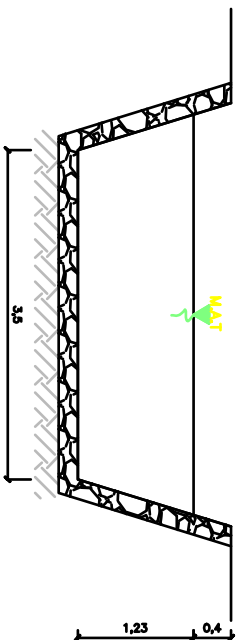
**Kerangka-Kerang Bmpet (Q 10th)**  
**Skala 1:100**



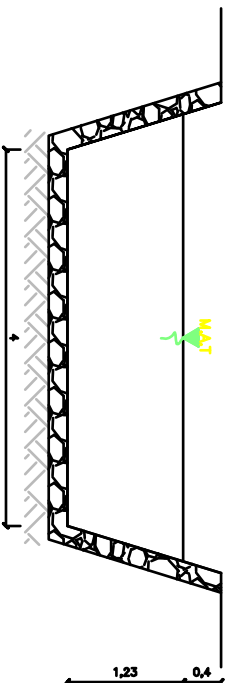
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

NAMA GAMBAR	NO.	SKALA	DI GAMBAR	DI PERIKSA	KETERANGAN
<b>Cross Section</b>	<b>3</b>		ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	Prof. Dr. Ir. Nodjedi Arner, MSc Ir. Berndt Tohony, M.Eng	

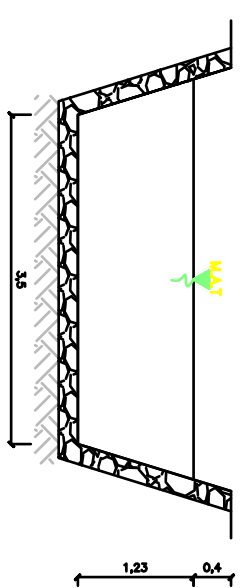




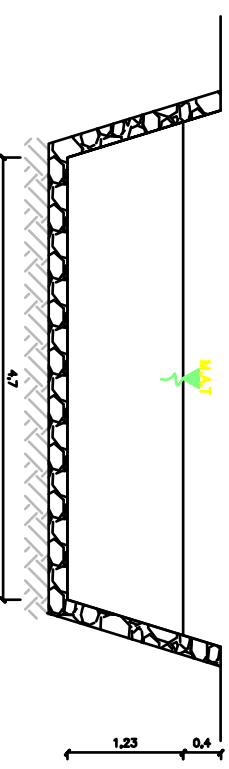
**Kerjeren-Kalijudan (Q Eksisting)**  
**Scale 1:100**



**Kerjeren-Kalijudan (Q 5th)**  
**Scale 1:100**



**Kerjeren-Kalijudan (Q 2th)**  
**Scale 1:100**



**Kerjeren-Kalijudan (Q 10th)**  
**Scale 1:100**



**ITS**  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

NAMA GAMBAR

NO.

SKALA

DI GAMBAR

DI PERIKSA

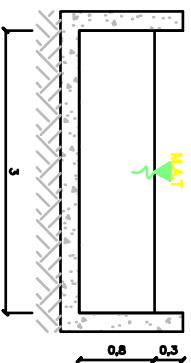
KETERANGAN

**Cross Section**

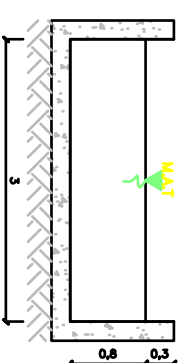
**4**

ARMITA TRI RAHAYU  
3114106048

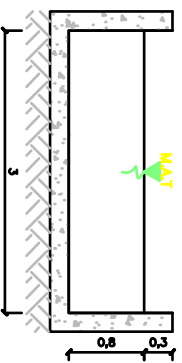
Prof. Dr. Ir. Nodjodji  
Anwar, MSc  
Ir. Bahmid Tohery, MEng



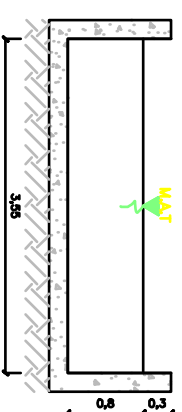
**Kejerman-Lebek Arum (Q Eksisting)**  
**Scale 1:100**



**Kejerman-Lebek Arum (Q 2th)**  
**Scale 1:100**



**Kejerman-Lebek Arum (Q 5th)**  
**Scale 1:100**

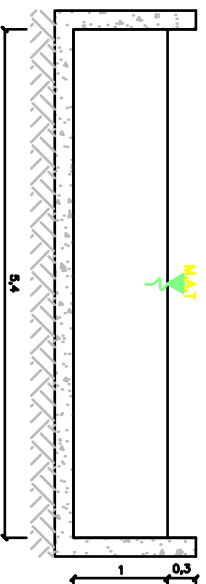


**Kejerman-Lebek Arum (Q 10th)**  
**Scale 1:100**

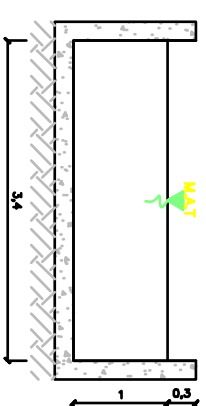


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

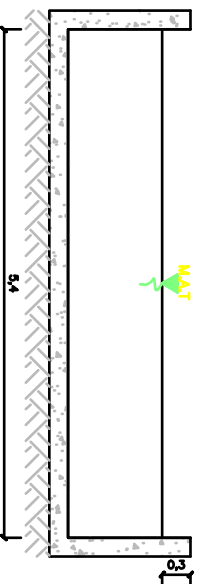
NAMA GAMBAR	NO.	SKALA	DI GAMBAR	DI PERIKSA	KETERANGAN
<b>Cross Section</b>	<b>5</b>		ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	Prof. Dr. Ir. Nodjodji Anwer, MSc Ir. Behmid Tohary, MEng	



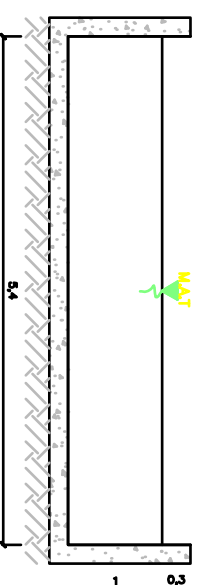
**Kanjeraan-Kanjeraan Urama (Q Eksisting)**  
**Skala 1:100**



**Kanjeraan-Kanjeraan Urama (Q 2th)**  
**Skala 1:100**



**Kanjeraan-Kanjeraan Urama (Q 5th)**  
**Skala 1:100**



**Kanjeraan-Kanjeraan Urama (Q 10th)**  
**Skala 1:100**



**ITS**  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

NAMA GAMBAR

NO.

SKALA

DI GAMBAR

DI PERIKSA

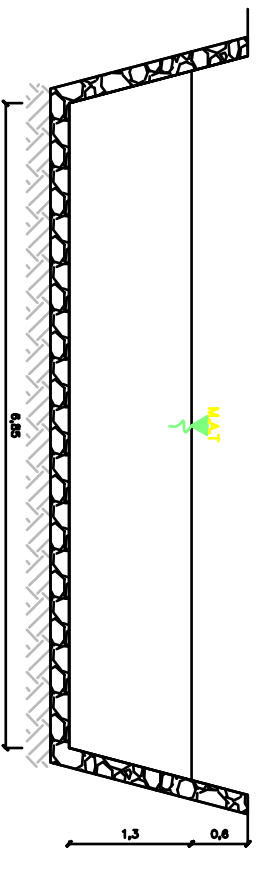
KETERANGAN

**Cross Section**

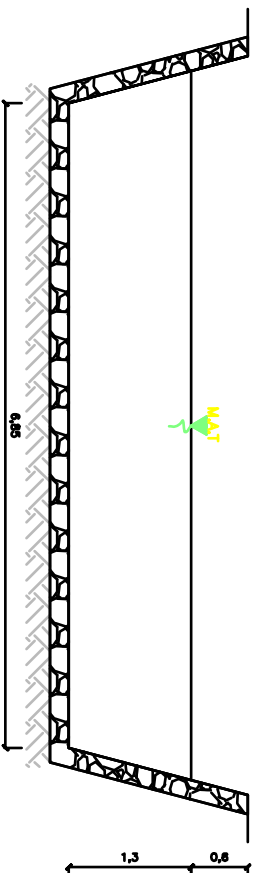
**6**

ARMITA TRI RAHAYU  
3114106048

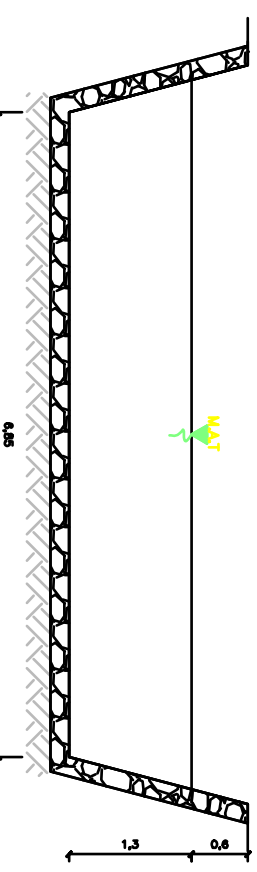
Prof. Dr. Ir. Nodjodji  
Anwar, MSc  
Ir. Bohmid Tohmy, MEng



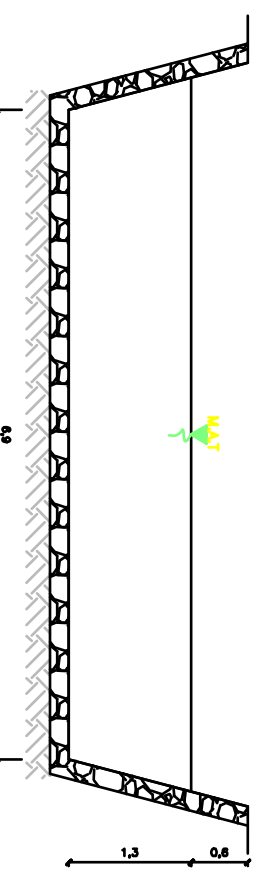
**Kerjajan-Kerjajan Selatan (Q Eksisting)**  
**Scale 1:100**



**Kerjajan-Kerjajan Selatan (Q 5th)**  
**Scale 1:100**



**Kerjajan-Kerjajan Selatan (Q 2th)**  
**Scale 1:100**

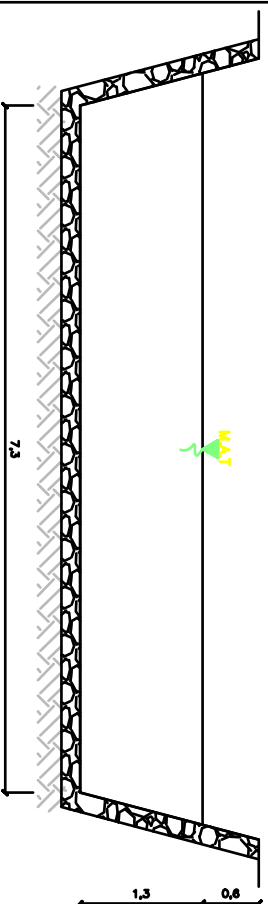


**Kerjajan-Kerjajan Selatan (Q 10th)**  
**Scale 1:100**

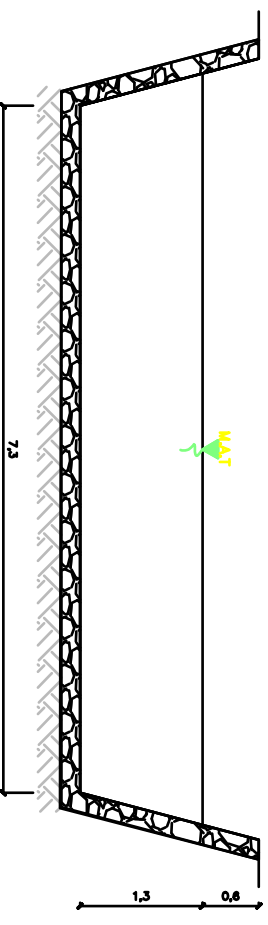


PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

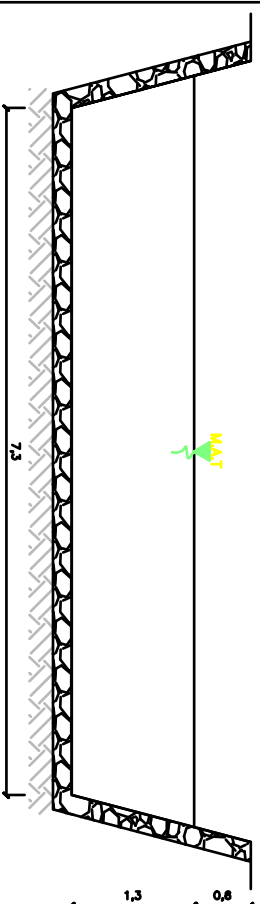
NAMA GAMBAR	NO.	SKALA	DI GAMBAR	DI PERIKSA	KETERANGAN
Cross Section	7		ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	Prof. Dr. Ir. Nodjodji Anwar, MSc Ir. Bambang Tohary, M.Eng	



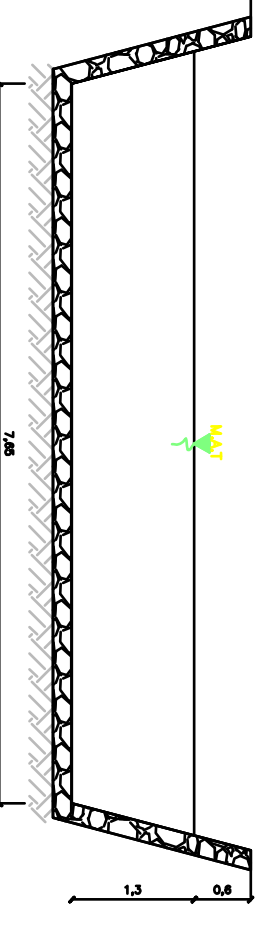
**Kerieran-Larangan (Q Eksisting)**  
**Scale 1:100**



**Kerieran-Larangan (Q 2th)**  
**Scale 1:100**



**Kerieran-Larangan (Q 5th)**  
**Scale 1:100**



**Kerieran-Larangan (Q 10th)**  
**Scale 1:100**



PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017

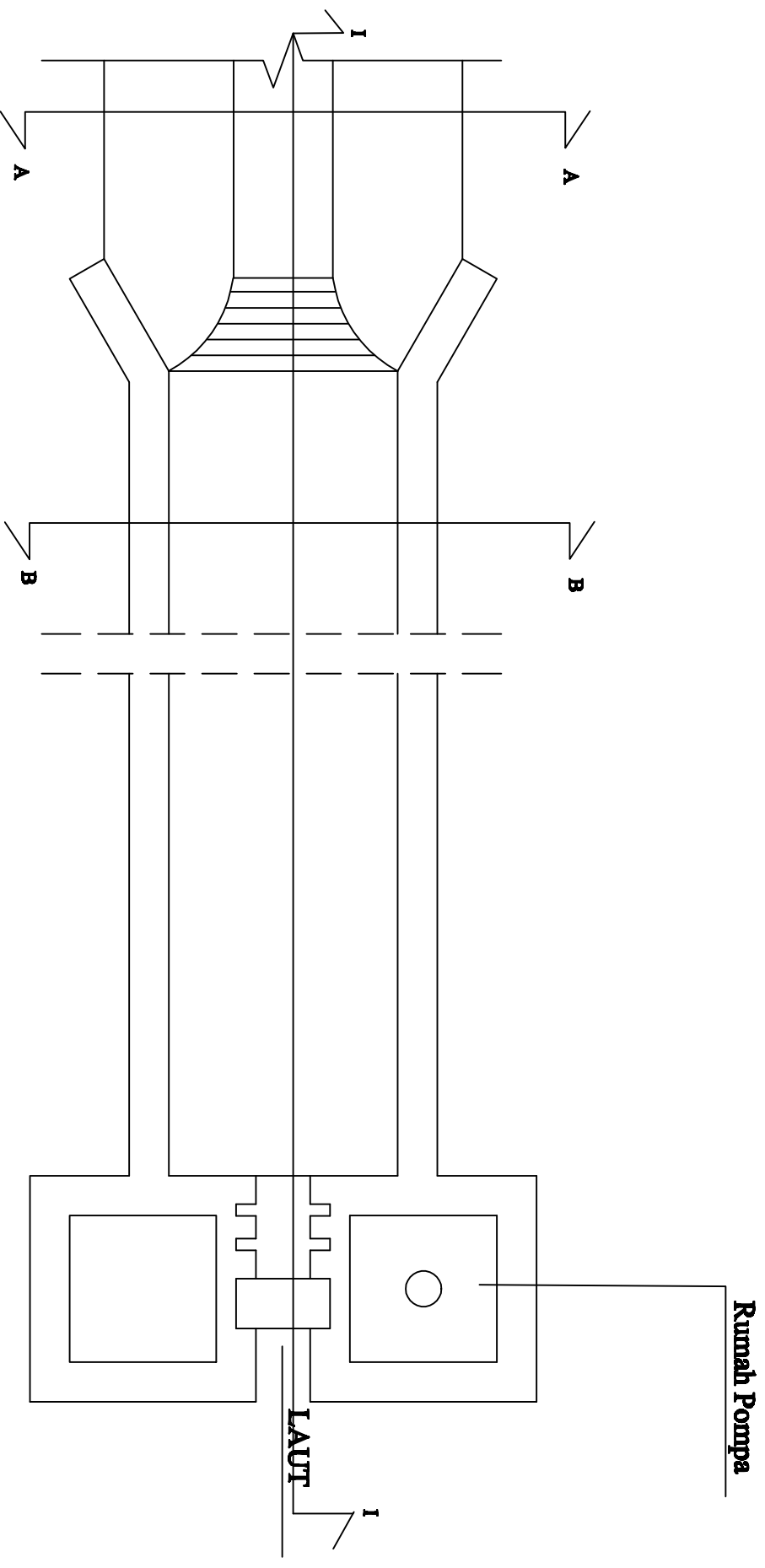
NAMA GAMBAR  
**Cross Section**

NO.  
**8**

SKALA  
DI GAMBAR  
ARMITA TRI RAHAYU  
3114106048


DI PERIKSA  
Prof. Dr. Ir. Nodjodji  
Anwar, MSc.  
Ir. Bohmid Tohory, M.Eng

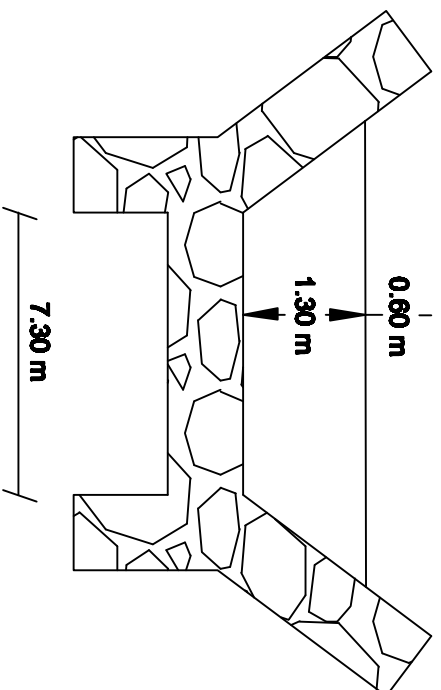
KETERANGAN



### Denah Long Storage

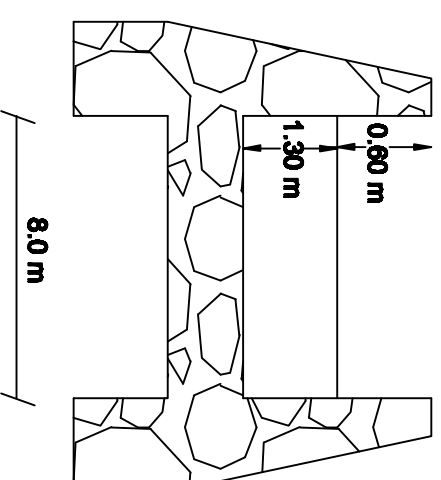
Skala 1:50

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR				
	JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017				
	NAMA GAMBAR	ND.	SKALA	DI GAMBAR	DI PERIKSA
	<b>Denah Long Storage</b>	<b>9</b>		ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	<b>Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc</b> <b>Ir. Bahmid Tohary, M.Eng</b>
					KETERANGAN



**Potongan A-A**

**Skala 1:20**



**Potongan B-B**

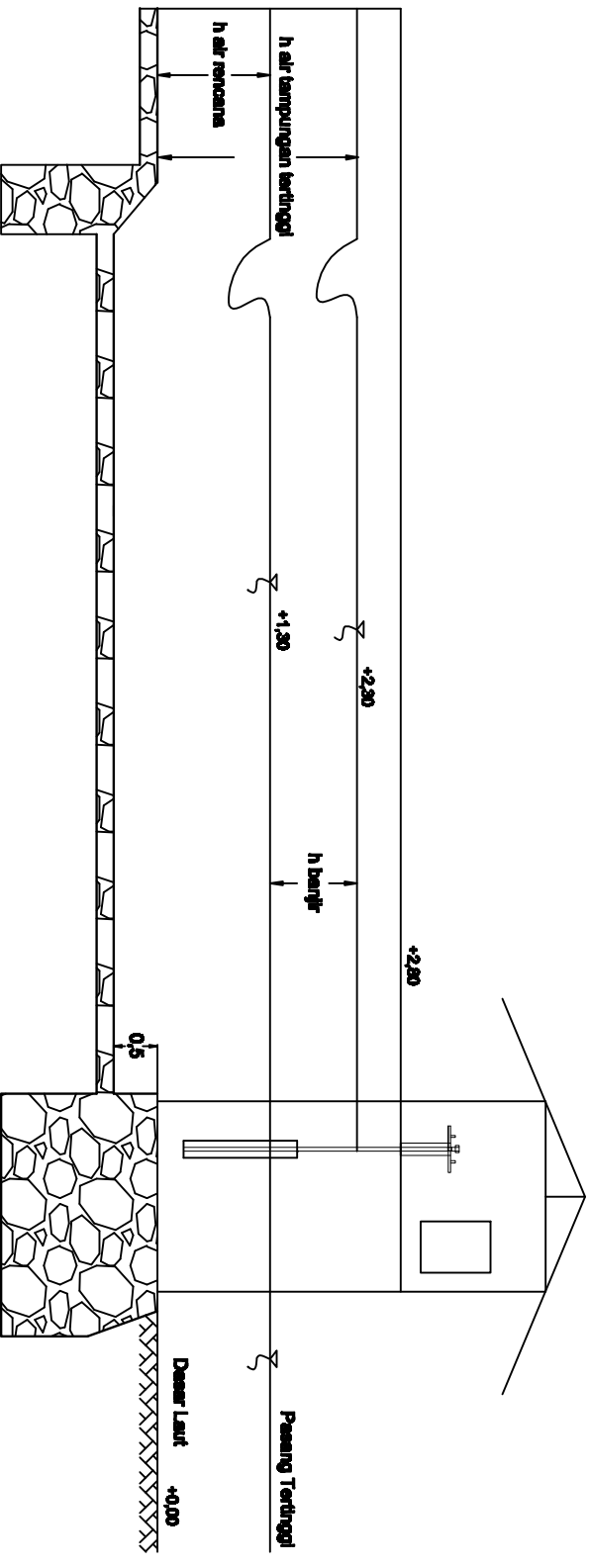
**Skala 1:20**




**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2017

NAMA GAMBAR	NO.	SKALA	DI GAMBAR	DI PERIKSA	KETERANGAN
	10		ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc Ir. Bahmid Tohary, M.Eng	



Potongan I-I  
Skala 1:50

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR					
	JURUSAN TEKNIK SIPIL					
	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN					
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER					
	SURABAYA 2017					
	NAMA GAMBAR	NO.	SKALA	DI GAMBAR	DI PERIKSA	KETERANGAN
	<b>Potongan I-I</b>	<b>11</b>		ARMITA TRI RAHAYU 3114106048	<b>Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc</b> <b>Ir. Bahmid Tolary, M.Eng</b>	